



ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA DE TELECOMUNICACIÓN



TUTORIALES MULTIMEDIA PARA SISTEMAS DE TELECOMUNICACIÓN

Alumnos: Juan Luis Torrejón Guadalupe y Ernesto José Álvarez Sánchez

Tutor: Miguel Ángel del Casar Tenorio



PROYECTO FIN DE CARRERA PLAN 2000

E.U.I.T. TELECOMUNICACIÓN

TEMA: DESARROLLO DE VIDEOS TUTORIALES EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIÓN

TÍTULO: TUTORIALES MULTIMEDIA PARA SISTEMAS DE TELECOMUNICACIÓN

AUTOR: ERNESTO JOSÉ ÁLVAREZ SÁNCHEZ Y JUAN LUIS TORREJÓN GUADALUPE

TUTOR: MIGUEL ÁNGEL DEL CASAR TENORIO

Vº Bº.

DEPARTAMENTO: DIAC

Miembros del Tribunal Calificador:

PRESIDENTE: CRISTINA BONIS Y NICOLÁS LÓPEZ

VOCAL: MIGUEL ÁNGEL DEL CASAR TENORIO

VOCAL SECRETARIO: RAFAEL HERRADÓN DIEZ

DIRECTOR:

Fecha de lectura: 30/09/2013

Calificación:

El Secretario,

RESUMEN DEL PROYECTO:

Este Proyecto Fin de Carrera está destinado a la ilustración y aprendizaje del uso de varios dispositivos de los laboratorios del Departamento de Ingeniería Audiovisual y Comunicaciones, de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica de Telecomunicación, en forma de vídeos tutoriales basados en mediciones y prácticas habituales de las asignaturas del departamento para que puedan ser utilizados por los alumnos de la escuela como apoyo a las explicaciones del profesor en ocasiones puntuales.

Para la realización de estos tutoriales se han utilizado diferentes aplicaciones sobre creación de vídeos multimedia, animación, producción de audio y narración. En especial se han usado: Sprint-Layout 5.0, Adobe Flash Professional CS5.5, Camtasia studio 7, Corel VideoStudio Pro X4, Loquendo TTS7 y WinPlot.

Para el apartado de las grabaciones de las diferentes escenas se ha necesitado el uso de distintos instrumentos de medida del laboratorio tales como: analizador de espectros, analizador de redes, generador de señal, generador de funciones, osciloscopio y otros equipos adicionales como: cámara de vídeo y trípode del departamento.

RESUMEN

Este Proyecto Fin de Carrera está destinado a la ilustración y aprendizaje del uso de varios dispositivos de los laboratorios del Departamento de Ingeniería Audiovisual y Comunicaciones, de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica de Telecomunicación, de la Universidad Politécnica de Madrid, en forma de vídeos tutoriales basados en mediciones y prácticas habituales de las asignaturas del departamento para que puedan ser utilizados por los alumnos de la escuela como apoyo a las explicaciones del profesor en ocasiones puntuales.

En concreto se han realizado hasta seis vídeos tutoriales en los que se explica: el diseño de un circuito impreso y la creación y fabricación de éste. Por otro lado, también se ha explicado el fenómeno del ruido de fase y cómo es el proceso de su medida, como una de las muchas características de un analizador de espectros. A modo de análisis, se ha realizado otro tutorial acerca de la modulación en FM, sus características y sus aplicaciones. Por último se ha hecho un estudio del comportamiento de un analizador de redes, exponiendo su funcionamiento y explicando su proceso de calibración.

Para la realización de estos tutoriales se han utilizado diferentes aplicaciones sobre creación de vídeos multimedia, animación, producción de audio y narración. En especial se han usado: Sprint-Layout 5.0, Adobe Flash Professional CS5.5, Camtasia studio 7, Corel VideoStudio Pro X4, Loquendo TTS7 y WinPlot.

Para el apartado de las grabaciones de las diferentes escenas se ha necesitado el uso de distintos instrumentos de medida del laboratorio tales como: analizador de espectros, analizador de redes, generador de señal, generador de funciones, osciloscopio y otros equipos adicionales como: cámara de vídeo y trípode del departamento.

Para la composición de los diferentes tutoriales se ha comenzado creando un guion, para cada uno de ellos, estableciendo la aparición de las imágenes, vídeos, y locución.

A continuación se exponen los diferentes temas en los que se han basado estos tutoriales de laboratorio, uno a uno.

ABSTRACT.

This Project is destined to learn the use of several devices at the laboratory of “Ingeniería Audiovisual y Comunicaciones” Department at “Escuela Universitaria de Ingeniería técnica de Telecomunicaciones” of “Universidad Politécnica de Madrid”, on the way as tutorial videos base on the subjects from this department to be used by the college students as help of the teacher’s explanations.

In this project you will find up to six tutorial videos, showing: printed circuit design, printed circuit board manufacture. You can also find an explanation about the phenomenon of phase noise and how it’s its measurement process, as one of the many features of a spectrum analyzer. Another tutorial video is based on FM modulation, its features and applications. The last tutorial explains the networks analyzer functionalities and its calibration process.

To carry out these tutorials different applications have been used to create multimedia videos, animation, audio production and storytelling. Such as Sprint Layout 5.0, Camtasia 7.0, Corel VideoStudio Pro X4, Adobe Flash Professional CS5.5, Loquendo TTS7 y WinPlot.

About the recording side of the different scenes, several equipment have been required at the laboratory, such as spectrums analyzer, signal generator, oscilloscope, function generator, network analyzer and other additional devices, such as: a video camera with its tripod.

The composition of the different tutorials has begun creating a script, for each of them, setting the times of appearance of images, video, speech and music.

After this abstract, the different topics of the tutorials are showed, one by one.

A nuestra familia y amigos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1	MEMORIA.....	7
1.1	OBJETIVO.....	7
1.2	RESUMEN	9
1.3	ABSTRACT.....	10
1.4	DISEÑO DE UN CIRCUITO IMPRESO.	11
1.4.1	SPRINT LAYOUT 5.0	11
1.4.2	INSERCIÓN DE COMPONENTES.....	13
1.4.3	ANEXO. GUIÓN DISEÑO DE UN CIRCUITO IMPRESO.....	18
1.5	CREACIÓN DE UN CIRCUITO IMPRESO.....	22
1.5.1	TIPOS DE PLACAS FOTSENSIBILIZADAS.....	24
1.5.2	PROCESO DE FABRICACIÓN DE UN CIRCUITO IMPRESO.	24
1.5.3	ANEXO. GUIÓN DE CREACIÓN DE UN CIRCUITO IMPRESO.	29
1.6	RUIDO DE FASE. TEORÍA.....	34
1.6.1	SEÑAL SINUSOIDAL EN EL DOMINIO DEL TIEMPO.	34
1.6.2	SEÑAL SINUSOIDAL EN EL DOMINIO FASORIAL.	36
1.6.3	SEÑAL SINUSOIDAL EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA.	38
1.6.4	RUIDO DE FASE EN UN VCO.	40
1.6.5	MODELO DE LESSON.	42
1.6.6	ANEXO. GUION DE RUIDO DE FASE. TEORÍA.....	45
1.7	RUIDO DE FASE. PRÁCTICA.....	49
1.7.1	TÉCNICAS DE MEDIDA DE RUIDO DE FASE.....	49
1.7.2	MEDIDA DEL RUIDO DE FASE A PARTIR DE LA SEÑAL DE CALIBRACIÓN.....	50
1.7.3	MEDIDA DEL RUIDO DE FASE CON FUENTE DE SEÑAL EXTERNA.....	52
1.7.4	ANEXO. GUION RUIDO DE FASE. PRÁCTICA.	55
1.8	MODULACIÓN FM.....	59
1.8.1	MEDIDA EN EL DOMINIO DEL TIEMPO.....	64
1.8.2	DESVIACIÓN DE FRECUENCIA.....	65
1.8.3	MEDIDAS EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA.....	67
1.8.4	ÍNDICE DE MODULACIÓN.....	71
1.8.5	FUNCIÓN DE BESSEL.....	71
1.8.6	ANEXO. GUION MODULACIÓN FM.	73

1.9	ANALIZADOR DE REDES.....	78
1.9.1	PARÁMETROS SCATTERING.....	79
1.9.2	DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN ANALIZADOR DE REDES.	82
1.9.3	MENÚS DEL ANALIZADOR DE REDES AGILENT E5061A.	84
1.9.4	ANEXO. GUION ANALIZADOR DE REDES.....	91
1.10	CALIBRACIÓN DEL ANALIZADOR DE REDES. AGILENT E5061A.....	94
1.10.1	PRESENTACIÓN DEL KIT DE CALIBRACIÓN.	94
1.10.2	PROCESO DE CALIBRACIÓN DEL ANALIZADOR DE REDES AGILENT E5061A.	95
1.10.3	ANEXO. GUION DE LA CALIBRACIÓN DE UN ANALIZADOR DE ESPECTROS.	98
2	MANUALES DE USUARIO.....	100
2.1.1	PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UN VÍDEO MULTIMEDIA.	100
2.1.2	CAMTASIA STUDIO 8.0 USER GUIDE [12].....	102
2.1.3	COREL VIDEO STUDIO PRO X6 USER GUIDE [13].....	109
2.1.4	AGILENT E5061A QUICK START GUIDE [14].	113
2.1.5	AGILENT N9320B. SPECTRUM ANALYZER [15].....	117
2.1.6	ROHDE&SCHWARZ SPECTRUM ANALYZER R&S®FS300 [16].	123
2.1.7	AGILENT 33220A 20MHz WAVEFORM GENERATOR [17].	125
2.1.8	HAMEG OSCILLOSCOPE HM 1004 [18].....	128
2.1.9	CÁMARA DE VÍDEO SONY HDR-CX410VE [19].....	132
2.1.10	TRIPODE SONY VCT-R640 [20].	138
3	CONCLUSIONES.....	139
4	BIBLIOGRAFÍA.....	141
5	DOCUMENTOS RELACIONADOS.....	144
6	AGRADECIMIENTOS.	145

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1: Amplificador de tensión.	11
Fig. 2: Ventana principal del Sprint Layout 5.0.	12
Fig. 3: Barra de edición.	12
Fig. 4: Barra Macros.	13
Fig. 5: Inserción de componentes.	14
Fig. 6: Capas de la placa en Sprint Layout 5.0.	15
Fig. 7: Herramienta Test.	16
Fig. 8: Zona de masa en Sprint Layout 5.0.	16
Fig. 9: Herramienta para dimensionado de la placa.	17
Fig. 10: Oscilador controlado por tensión (VCO).	22
Fig. 11: Dimensionado de la placa.	23
Fig. 12: Tipos de placas fotosensibilizadas.	24
Fig. 13: Proceso de insolado de la placa.	25
Fig. 14: Placa tras insolación.	25
Fig. 15: Elementos para el revelado y atacado.	26
Fig. 16: Placa tras proceso de atacado.	26
Fig. 17: Taladrado y avellanado de la placa.	27
Fig. 18: Tipos de resistencias.	27
Fig. 19: Señal sinusoidal en el dominio del tiempo.	35
Fig. 20: Amplitud y Fase de una señal sinusoidal.	36
Fig. 21: Fasor A.	36
Fig. 22: Número complejo.	37
Fig. 23: Seno y coseno de un fasor.	37
Fig. 24: Paso del dominio fasorial al dominio del tiempo.	38
Fig. 25: Señal sinusoidal en el dominio del tiempo y fasorial.	38
Fig. 26: Paso del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia.	39
Fig. 27: Obtención de la señal sinusoidal en el dominio de la frecuencia.	39
Fig. 28: Espectro de un oscilador.	40
Fig. 29: Efecto del ruido de fase en el dominio de la frecuencia.	41
Fig. 30: Medida teórica del Ruido de Fase.	42
Fig. 31: Ruido de fase en algunos osciladores de RF y microondas.	44
Fig. 32: Analizador de espectros Agilent N9320B.	49
Fig. 33: Analizador de espectros Agilent N9320B.	51
Fig. 34: Tabla con valores de Ruido de Fase.	51
Fig. 35: Gráfica Ruido de Fase obtenido con la señal de calibración.	52
Fig. 36: Gráfica comparativa del Ruido de Fase con datos del fabricante.	52
Fig. 37: Generador de señal Agilent 33220A.	53
Fig. 38: Tabla de valores de Ruido de fase con señal externa.	53
Fig. 39: Gráfica de Ruido de fase con señal externa.	53
Fig. 40: Comparativa entre gráfica del fabricante con gráfica de alto Q.	54
Fig. 41: Espectro electromagnético.	59
Fig. 42: Sistema de comunicaciones.	60
Fig. 43: Señal modulada en AM.	60
Fig. 44: Señal modulada en FM.	61
Fig. 45: Señal modulada en PM.	61
Fig. 46: Señales para modulación FM.	62
Fig. 47: Antenas de telecomunicaciones.	63

Fig. 48: Señales en el dominio del tiempo. _____	63
Fig. 49: Conexión en generador de funciones. _____	64
Fig. 50: Conexión en el osciloscopio. _____	64
Fig. 51: Conexión en generador de señales. _____	64
Fig. 52: Montaje Modulación FM. _____	65
Fig. 53: AUTOSET en osciloscopio. _____	65
Fig. 54: Medida de la desviación de frecuencia. _____	66
Fig. 55: Fórmulas para la desviación de frecuencia. _____	66
Fig. 56: Variación de frecuencia moduladora. _____	67
Fig. 57: Conexión del generador de funciones. _____	67
Fig. 58: Conexión en el generador de señales. _____	67
Fig. 59: Conexión en el analizador de espectros. _____	68
Fig. 60: Introducción de parámetros en el analizador de espectros. _____	68
Fig. 61: Señal modulada en el analizador de espectros. _____	69
Fig. 62: Ancho de banda de Carson en el analizador de espectros. _____	69
Fig. 63: Fórmulas para el ancho de banda de Carson. _____	70
Fig. 64: Variación del índice de modulación. _____	70
Fig. 65: Funciones de Bessel. _____	72
Fig. 66: Analizador de redes Agilent E5061A. _____	78
Fig. 67: Parámetros H, Y, Z. _____	79
Fig. 68: Ecuaciones de Parámetros S. _____	79
Fig. 69: Ondas de potencia en un cuadripolo. _____	80
Fig. 70: Parámetro S_{11} . _____	80
Fig. 71: Parámetro S_{12} . _____	81
Fig. 72: Parámetro S_{21} . _____	81
Fig. 73: Parámetro S_{22} . _____	82
Fig. 74: Diagrama de bloques de un analizador de redes. _____	82
Fig. 75: Ondas incidente, reflejada y transmitida. _____	83
Fig. 76: Análisis escalar de un analizador de redes. _____	83
Fig. 77: Análisis vectorial de un analizador de redes. _____	84
Fig. 78: Display de un analizador de redes. _____	84
Fig. 79: Bloque activo del Agilent E5061A. _____	85
Fig. 80: Bloque de respuesta del Agilent E5061A. _____	86
Fig. 81: Bloque Stimulus del Agilent E5061A. _____	87
Fig. 82: Bloque Marker/Analysis del Agilent E5061A. _____	87
Fig. 83: Bloque Instr State del Agilent E5061A. _____	88
Fig. 84: Bloque de Navegación del Agilent E5061A. _____	89
Fig. 85: Bloque de Entrada del Agilent E5061A. _____	89
Fig. 86: Puerto USB Frontal del Agilent E5061A. _____	90
Fig. 87: Terminal de tierra del Agilent E5061A. _____	90
Fig. 88: KIT de calibración y Agilent E5061A. _____	94
Fig. 89: KIT de calibración. _____	94
Fig. 90: Analizador de redes Agilent E5061A. _____	95
Fig. 91: Cambio de formato del display del Agilent E5061A. _____	95
Fig. 92: Conexión de los dispositivos de calibración en el Agilent E5061A. _____	96
Fig. 93: Componentes capacitivas en el analizador de redes. _____	97
Fig. 94: Componentes inductivas en el analizador de redes. _____	97
Fig. 95: Recorder on Camtasia. _____	102
Fig. 96: Camtasia editor overview. _____	103
Fig. 97: Callouts on Camtasia. _____	105

Fig. 98: Transitions on Camtasia.	105
Fig. 99: Voice narration on Camtasia.	106
Fig. 100: Cursor effects on Camtasia.	107
Fig. 101: Quiz and Survey on Camtasia.	107
Fig. 102: WorkSpace on Corel VIdéoStudio.	109
Fig. 103: Speed and Time-lapse on Corel VideoStudio.	111
Fig. 104: Partes del analizador de redes Agilent E5061A.	113
Fig. 105: Pantalla del analizador de redes Agilent E5061A.	116
Fig. 106: Analizador de espectros Agilent N9320B.	117
Fig. 107: Display Agilent N9320B.	120
Fig. 108: Panel trasero Agilent N9320B.	121
Fig. 109: Analizador de espectros R&SFS300.	123
Fig. 110: Parte trasera del R&SFS300.	124
Fig. 111: Panel frontal del Agilent 33220A.	125
Fig. 112: Modo del menú del Agilent 33220A.	126
Fig. 113: Modo gráfica del Agilent 33220A.	126
Fig. 114: Parte trasera del Agilent 33220A.	126
Fig. 115: Botones superiores del HM1004.	128
Fig. 116: Botones centrales del HM1004.	128
Fig. 117: Botones inferiores del HM1004.	130
Fig. 118: Botones de lectura del HM1004.	131
Fig. 119: Cámara de vídeo Sony HDR-CX410CE.	132
Fig. 120: Trípode Sony VCT-R640.	138

1 MEMORIA

1.1 OBJETIVO

El objetivo de este proyecto fin de carrera se basa en la enseñanza a partir de videos tutoriales para la formación de alumnos de telecomunicaciones, en concreto, para la especialidad de sistemas de telecomunicación. Con estos tutoriales se busca simular una experiencia en los alumnos, los cuáles aún no han realizado la práctica.

Cabe destacar que es imprescindible el estudio previo de la parte teórica que complementa a cada una de éstas lecciones prácticas.

La doctora en Filosofía y Ciencias de la Educación por la Universidad de Barcelona Alejandra Bosco [1], hace un interesante análisis del uso de las TIC, vinculado a la formación docente.

La autora plantea un uso de las TIC desde cuatro dimensiones que deben ser conocidas por los docentes:

1. Dimensión instrumental (uso de los elementos tecnológicos).
2. Dimensión cognitiva (desarrollo de habilidades para buscar, seleccionar e integrar información)
3. Dimensión actitudinal (desarrollo de valores y actitudes hacia la tecnología).
4. Dimensión política (comprensión que la tecnología no es neutra, porque incide significativamente en la manera en que interactuamos con el entorno).

Hoy en día, las Tecnologías de la información y la comunicación son un factor de vital importancia en la transformación de la nueva economía global y en los rápidos cambios que están teniendo lugar en la sociedad, por tanto, afecta a todos los ámbitos del ser humano, considerando uno de los más importantes: la educación, y la enseñanza que se imparte en las escuelas y universidades, viéndose afectados alumnos y docentes.

La realidad es, que a pesar de la gran importancia que adquieren estas tecnologías a nivel general, en el ámbito educativo aún se utilizan poco. El profesorado se sigue

apoyando en los materiales impresos, para llevar a cabo su tarea profesional, y ello fundamentalmente dentro de un modelo tradicional de transmisión de la información, aunque cabe reseñar que los pases de proyector están instaurándose cada vez más en las aulas.

Los alumnos de hoy no son como los de años atrás. Las generaciones se mueven y avanzan a la velocidad de la luz en materia de tecnología. Sus experiencias, son notablemente más amplias. Sus conocimientos previos, diferentes, la relación con otras culturas, mucho más extensa. Los contenidos, apenas parecidos con los de años anteriores.

Por todo esto, se realiza este proyecto fin de carrera, con el que se intenta arrancar una gran serie de proyectos que aumenten el número de tutoriales que, desde hoy, les sirvan a los alumnos para obtener esa explicación extra y, en muchas ocasiones necesaria, que pueda obtenerse en cualquier lugar y en cualquier momento.

1.2 RESUMEN

Este Proyecto Fin de Carrera está destinado a la ilustración y aprendizaje del uso de varios dispositivos de los laboratorios del Departamento de Ingeniería Audiovisual y Comunicaciones, de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica de Telecomunicación, de la Universidad Politécnica de Madrid, en forma de vídeos tutoriales basados en mediciones y prácticas habituales de las asignaturas del departamento para que puedan ser utilizados por los alumnos de la escuela como apoyo a las explicaciones del profesor en ocasiones puntuales.

En concreto se han realizado hasta seis vídeos tutoriales en los que se explica: el diseño de un circuito impreso y la creación y fabricación de éste. Por otro lado, también se ha explicado el fenómeno del ruido de fase y cómo es el proceso de su medida, como una de las muchas características de un analizador de espectros. A modo de análisis, se ha realizado otro tutorial acerca de la modulación en FM, sus características y sus aplicaciones. Por último se ha hecho un estudio del comportamiento de un analizador de redes, exponiendo su funcionamiento y explicando su proceso de calibración.

Para la realización de estos tutoriales se han utilizado diferentes aplicaciones sobre creación de vídeos multimedia, animación, producción de audio y narración. En especial se han usado: Sprint-Layout 5.0, Adobe Flash Professional CS5.5, Camtasia studio 7, Corel VideoStudio Pro X4, Loquendo TTS7 y WinPlot.

Para el apartado de las grabaciones de las diferentes escenas se ha necesitado el uso de distintos instrumentos de medida del laboratorio tales como: analizador de espectros, analizador de redes, generador de señal, generador de funciones, osciloscopio y otros equipos adicionales como: cámara de vídeo y trípode del departamento.

Para la composición de los diferentes tutoriales se ha comenzado creando un guion, para cada uno de ellos, estableciendo la aparición de las imágenes, vídeos, y locución.

A continuación se exponen los diferentes temas en los que se han basado estos tutoriales de laboratorio, uno a uno.

1.3 ABSTRACT.

This Project is destined to learn the use of several devices at the laboratory of “Ingeniería Audiovisual y Comunicaciones” Department at “Escuela Universitaria de Ingeniería técnica de Telecomunicaciones” of “Universidad Politécnica de Madrid”, on the way as tutorial videos base on the subjects from this department to be used by the college students as help of the teacher’s explanations.

In this project you will find up to six tutorial videos, showing: printed circuit design, printed circuit board manufacture. You can also find an explanation about the phenomenon of phase noise and how it’s its measurement process, as one of the many features of a spectrum analyzer. Another tutorial video is based on FM modulation, its features and applications. The last tutorial explains the networks analyzer functionalities and its calibration process.

To carry out these tutorials different applications have been used to create multimedia videos, animation, audio production and storytelling. Such as Sprint Layout 5.0, Camtasia 7.0, Corel VideoStudio Pro X4, Adobe Flash Professional CS5.5, Loquendo TTS7 y WinPlot.

About the recording side of the different scenes, several equipment have been required at the laboratory, such as spectrums analyzer, signal generator, oscilloscope, function generator, network analyzer and other additional devices, such as: a video camera with its tripod.

The composition of the different tutorials has begun creating a script, for each of them, setting the times of appearance of images, video, speech and music.

After this abstract, the different topics of the tutorials are showed, one by one.

1.4 DISEÑO DE UN CIRCUITO IMPRESO.

Para la composición del tutorial denominado “Diseño de un circuito impreso” se ha comenzado estableciendo un circuito para su diseño. En este caso, se va a diseñar un amplificador de tensión.

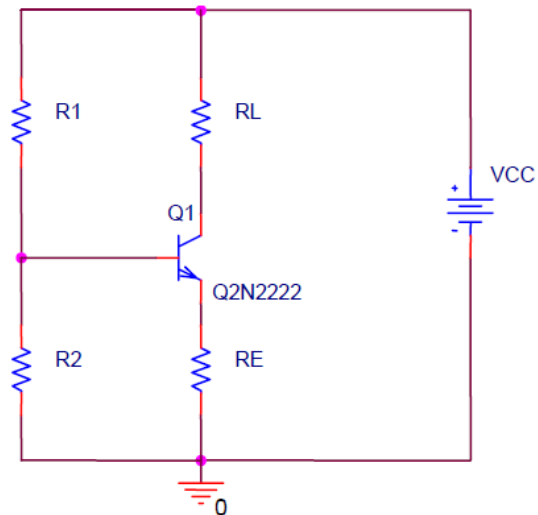


Fig. 1: Amplificador de tensión.

El programa que se va a utilizar para el diseño del circuito será el *Sprint Layout 5.0*, programa habitual que se utiliza en el laboratorio de *Electrónica de Comunicaciones* y que está disponible para los alumnos en los ordenadores del laboratorio de electrónica analógica y de comunicaciones.

Un paso importante es elegir el tamaño de la placa, puesto que, en la mayoría de las ocasiones ésta será de un tamaño limitado y habrá que ajustar el circuito al tamaño de la placa.

1.4.1 SPRINT LAYOUT 5.0

A modo de iniciación al programa *Sprint Layout 5.0* [2], se procede a explicar el funcionamiento de sus funciones básicas así como su manejo.

En el centro de la pantalla del *Sprint Layout 5.0* se observa una zona negra cuadrículada que simula la placa de circuito impreso y es sobre la se va a trabajar.

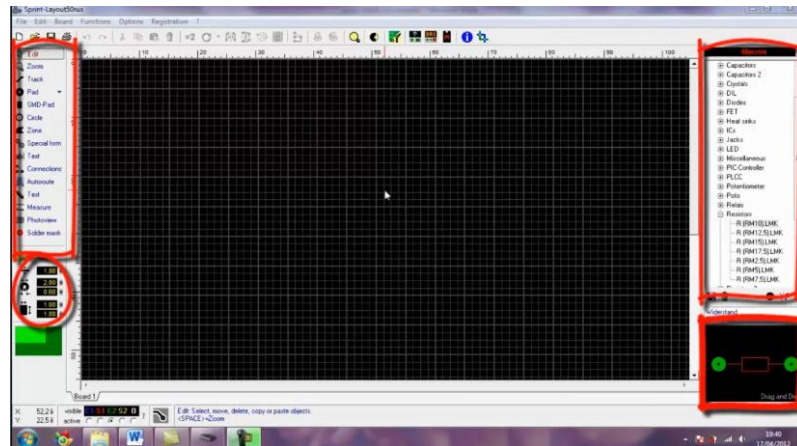


Fig. 2: Ventana principal del Sprint Layout 5.0.

En la parte superior izquierda de la ventana se pueden encontrar herramientas del tipo:

- *Edit*: para seleccionar elementos.
- *Zoom*: para acercar la vista de una zona.
- *Track*: para trazar las pistas.
- *Zone*: para establecer las zonas de masa.
- *PAD*: para añadir taladros.
- *Text*: para añadir texto.
- *Connections*: para establecer conexiones.
- *Autoroute*: para hallar trazar una conexión automáticamente.
- *Test*: para evaluar la conectividad del circuito.
- *Y Measure*: para sacar medidas del circuito, ente otras herramientas.

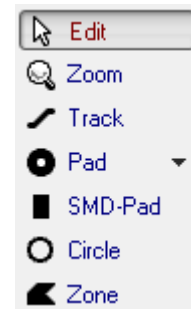


Fig. 3: Barra de edición.

En la parte inferior izquierda de la ventana del *Sprint Layout 5.0* se puede ver la barra de herramientas correspondiente al tamaño de la cuadrícula de la placa, así como el ancho de las pistas y el grosor de los taladros. Hay que tener precaución con elegir las dimensiones de los taladros ligeramente superiores al del ancho de las pistas.

En la parte superior derecha se encuentra la barra de herramientas *Macros*, en la que aparecen los elementos pasivos y activos que se pueden añadir al circuito que se está diseñando. Las dimensiones de los componentes de esta base de datos son exactamente iguales a los modelos equivalentes. Se pueden encontrar elementos como:

- Condensadores.
- Cristales.
- Diodos.
- Diodos FET.
- Diodos LED.
- Circuitos integrados.
- Controladores PIC.
- Potenciómetros.
- Relés.
- Resistencias. Las cuáles se diferencian según su vatiaje y la distancia entre terminales en milímetros.
- Resistencias SMD.
- Transformadores.
- Transistores.
- Trimmers.
- Y reguladores de tensión, entre muchos otros elementos.

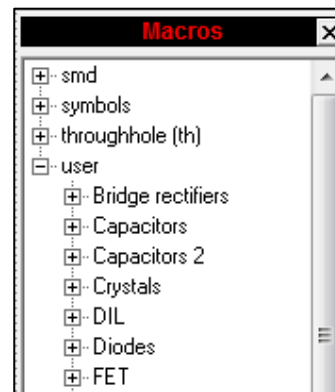


Fig. 4: Barra Macros.

En la parte inferior derecha de la ventana del *Sprint Layout 5.0* aparece una vista preliminar del elemento que se ha escogido. Como se ha indicado anteriormente, las dimensiones de los elementos del programa son exactamente iguales a los modelos reales.

1.4.2 INSERCIÓN DE COMPONENTES.

Lo primero que se elige para comenzar el diseño del circuito impreso es el dispositivo activo, en este caso se elige el transistor, en la barra de *Macros*, acorde con el encapsulado del diseño (TO39-EBC.LMK), y se arrastra a la placa desde su vista preliminar. Para orientar el elemento de manera que se observe igual que en el dibujo se hace clic derecho sobre el dispositivo y se elige la opción “*Rotate*”. Este efecto también es posible realizarlo con el atajo de teclado *CTRL+R*.

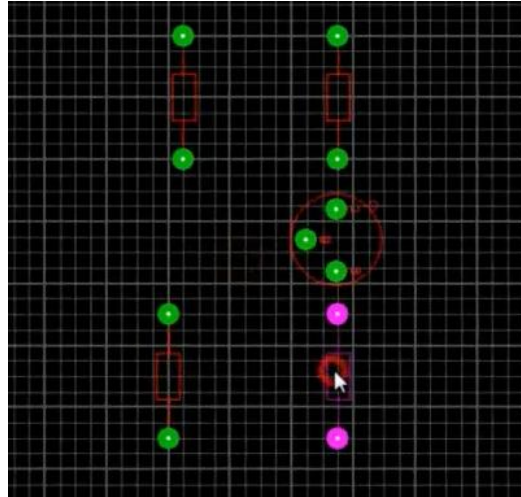


Fig. 5: Inserción de componentes.

Una vez se tiene insertado el elemento activo, se procede a añadir los elementos pasivos. Se comienza escogiendo la resistencia que se ajusta al diseño (RM10), teniendo en cuenta su vatiaje y el tamaño de sus terminales, y se arrastra de igual manera que el transistor desde su vista preliminar. Una vez colocada y orientada en su lugar, se establecen las dimensiones del taladro (1.8 milímetros) en la parte izquierda de la ventana. Como en este diseño implica añadir más resistencias de las mismas características, la manera más rápida de hacerlo es haciendo clic con el botón derecho sobre la resistencia y copiando y pegando se van añadiendo las demás.

Otro elemento pasivo que se puede añadir en *Sprint Layout* es un PAD, es decir, taladros independientes de los elementos para establecer, por ejemplo, puntos de alimentación continua. La estructura de estos taladros puede ser circular, octogonal y rectangular, entre otras. Para este diseño no es necesario añadir ninguno pero si fuese necesario es recomendable etiquetarlo con la herramienta *Text* para que no haya equivocaciones a la hora de soldar los componentes.

El *Sprint Layout 5.0* ofrece seis capas diferentes en la placa. En la parte inferior izquierda de la ventana se puede elegir la capa sobre la que se quiere trabajar. De estas seis capas (C1, S1, A1, A2, S2 y C2) cabe destacar C1 y C2 que son las capas de cobre, superior e inferior, respectivamente. Hay que prestar atención en la edición, ya que si se está trabajando sobre la capa C2 es necesario reflejar los componentes y el texto (seleccionando la opción “horizontal” en la ventana de edición de texto), para que al imprimirlo sobre la placa aparezcan correctamente.

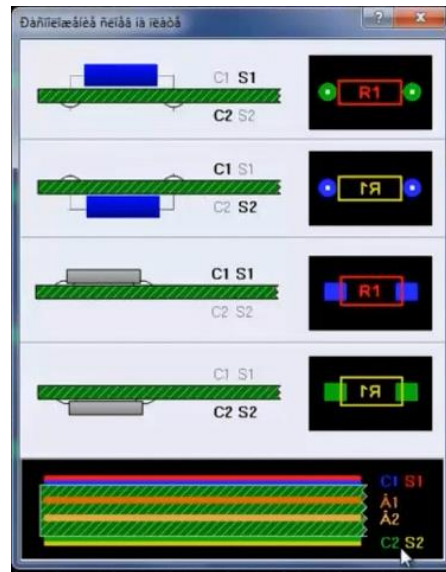


Fig. 6: Capas de la placa en Sprint Layout 5.0.

Una vez se tienen todos los elementos integrados en el diseño, se procede a dibujar las pistas (uniones entre componentes). Como se comentó en la parte de exposición de las barras de herramientas, hay que tener mucha precaución con establecer menor ancho de pista (1.7 milímetros) que dimensiones de los taladros (1.8 milímetros). Adicionalmente, para evitar pérdidas de señal es recomendable no dibujar las pistas en ángulos de 90 grados.

A diferencia de la herramienta *Edit*, si se quiere verificar la continuidad de las pistas del diseño, tan solo hay que elegir la herramienta *Test* y hacer clic sobre la pista a comprobar, apareciendo resaltadas todas las pistas que están conectadas en el circuito.

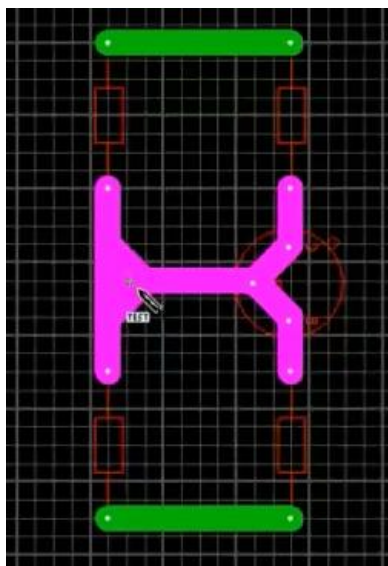


Fig. 7: Herramienta Test.

A continuación, se dibuja la zona de masa. Esta zona se añade para reducir las pérdidas del circuito. Se puede trazar esta zona con la herramienta *Zone*, manualmente, o con la herramienta automática de trazado de masa que ofrece el *Sprint Layout 5.0* en la parte inferior del programa (*Enable/Disable ground plane*).

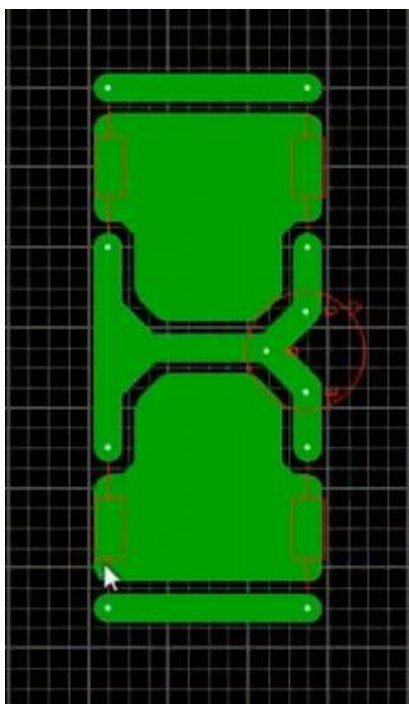


Fig. 8: Zona de masa en Sprint Layout 5.0.

Una vez está terminado el diseño y puesto que no contamos con restricciones en el tamaño de la placa, se establecen dichas dimensiones en el menú del *Sprint Layout*

5.0: *Board* → *Properties*. Y en la ventana que aparece se especifica el ancho y el alto de la placa, en este caso, 20 y 40 milímetros, respectivamente.



Fig. 9: Herramienta para dimensionado de la placa.

Llegado a este punto, el diseño del circuito impreso ha llegado a su fin. Tan solo falta guardarlo en el ordenador, en un disco extraíble e imprimirlo. Para guardarlo se procede haciendo clic en el menú: *File* → *Save as...* En este caso se ha guardado bajo el nombre de: “amplificador_tension.lay”. Para imprimirlo se accede al menú: *File* → *Print...* → *Print*.

1.4.3 ANEXO. GUIÓN DISEÑO DE UN CIRCUITO IMPRESO.

1. Título: “DISEÑO DE UN CIRCUITO IMPRESO”.

Imagen1: Aparece el título del tutorial con los escudos de la escuela.

Texto1: Diseño de un circuito impreso.

Imagen2: aparece una imagen del escritorio de Windows y se ve cómo se abre una foto correspondiente al circuito que se quiere dibujar.

2. Circuito a diseñar.

Texto2: Antes de comenzar, hay que tener claro el tipo de circuito que se va a diseñar. En este caso se diseñará un amplificador de tensión. En este diseño el tamaño de la placa se definirá al final.

Imagen3: Aparece cómo desde el escritorio de Windows se abre el programa *Sprint Layout*.

3. Programa de edición del diseño.

Texto3: Para el diseño de un circuito impreso se va a utilizar el programa de edición de circuitos *Sprint Layout*.

Imagen4: Se observa cómo se resaltan las diferentes barras de herramientas del *Sprint Layout 5.0*.

Texto4: A parte de la zona de trabajo cuadrículada en negro, en la pantalla principal, se pueden diferenciar cuatro barras de herramientas. En la parte izquierda del *Sprint Layout* podemos encontrar: Herramienta *Zoom*, *Track* (para dibujar las pistas), *Zone* (para dibujar la masa) o *Text* (para escribir texto), entre muchas otras herramientas.

En la parte inferior izquierda, se puede especificar el tamaño de la cuadrícula, la anchura de las pistas y las dimensiones de los taladros. Hay que tener precaución en especificar menor anchura a las pistas que a los taladros.

En la parte derecha del programa, podemos encontrar una base de datos de componentes que podemos añadir a nuestro circuito. Cada macro trae las medidas exactas del modelo equivalente, tales como: condensadores, cristales, diodos, potenciómetros, resistencias (según su vatiaje y la distancia entre sus terminales en milímetros) o transistores, entre muchos otros.

En la parte inferior derecha se puede encontrar una vista preliminar del elemento que se ha elegido.

4. Inserción de componentes.

Imagen5: Se lanza el Paso1: “Inserción de componentes” y se ve cómo se elige el modelo del transistor en la parte de macros y se arrastra a la placa.

Texto5: Inserción de componentes. Para comenzar la edición se elige el modelo del transistor, acorde con el encapsulado del diseño, y se arrastra a la placa. Haciendo clic en el botón derecho y eligiendo la opción “Rotate” giramos el elemento hasta colocarlo de la forma adecuada. Esto también se puede hacer con el atajo de teclado “Control+R”.

Imagen6: Se lanza el Paso 2: “Inserción de elementos pasivos”. Y se observa una grabación en la que se van sumando los elementos pasivos a la placa.

Texto6: Inserción de elementos pasivos. A continuación, se eligen las resistencias bajo el mismo procedimiento que el transistor arrastrándolas desde su vista preliminar. Para este diseño, se ha elegido una resistencia con 10mm de distancia entre los terminales. En este apartado, se establece la dimensión del taladro en 1.8mm. Y para terminar este paso, como método alternativo, se pueden copiar y pegar las resistencias. Además, desplegando la herramienta *PAD*, se puede elegir entre diferentes modelos, en el caso de que hubiera que añadir alguno. A modo de ejemplo, se añade un *PAD* circular para la alimentación continua. Y como no es necesario para este diseño, posteriormente se eliminará.

5. Capas de una placa de circuito impreso en Sprint Layout 5.0.

Imagen7: Se resaltan las diferentes capas que ofrece el *Sprint Layout 5.0*.

Texto7: A la hora de editar, hay que tener cuidado con la capa de la placa que está activa, ya que el *Sprint Layout* ofrece cinco capas diferentes, en la parte inferior izquierda de la ventana. Cabe destacar C1 y C2, que son las capas de cobre (superior e inferior, respectivamente). Nota: si se escribe sobre la capa C2 hay que reflejar los componentes y el texto.

6. Trazado de pistas.

Imagen8: Se lanza el Paso 3: “Trazado de las pistas”. Y se explica cómo dibujar las pistas de interconexión de los componentes.

Texto8: Paso 3: Trazado de pistas. Hay que tener precaución con establecer menor ancho de pista que dimensión del taladro. Otro detalle a tener en cuenta, es no dibujar las curvas en ángulos de 90 grados, para evitar pérdidas. A diferencia de la herramienta “selección”, si se quiere verificar la continuidad de las pistas, eligiendo la herramienta “Test” y haciendo clic sobre la pista, se observa toda la zona que está conectada.

7. Zona de masa.

Imagen9: Se lanza el Paso 4: “Zona de masa”. Y se ve cómo se dibujan las zonas de masa entre los componentes y se explica el trazado automático de masa.

Texto9: Paso 4: Zona de masa. Una vez trazadas las pistas entre componentes, se dibuja la zona de masa entre ellos para disminuir las pérdidas. Además, el *Sprint Layout*, ofrece una herramienta automática para el trazado de masa en la parte inferior de la ventana.

8. Dimensiones de la placa.

Imagen10: Se lanza el Paso 5: “Dimensiones de la placa”. Y se indica cómo se accede al menú de dimensionado de la placa y se explica cómo cambiar su tamaño.

Texto10: Paso 5: Dimensiones de la placa. Para terminar la edición, haciendo clic en el menú: “Board → Properties”, aparece a la derecha una ventana donde se puede especificar la altura y el ancho de la placa.

9. Guardado del *layout*.

Imagen11: Se lanza el Paso 6: “Guardado del *layout*”. Y se ve cómo se guarda el “*layout*” en el PC.

Texto11: Guardado del “*layout*”. Cuando tenemos el circuito completado, procedemos a guardarlo en el disco duro o extraíble.

10. Impresión del *layout*.

Imagen12: Se lanza el Paso 7: “Impresión del “*layout*”. Y se explica cómo imprimir desde el *Sprint Layout 5.0*.

Texto12: Paso 7: Impresión del “*layout*”. Por último, se procede a imprimirlo en papel de acetato, para crear la placa de circuito impreso.

11. FIN.

Imagen11: Se funde a negro para finalizar el tutorial. FIN.

Imagen12: Aparecen los créditos del vídeo.

1.5 CREACIÓN DE UN CIRCUITO IMPRESO.

Para la fabricación del tutorial “Creación de un circuito impreso” lo primero que se necesita es un diseño del circuito que se quiere fabricar, vía informática, como por ejemplo, realizándolo en el *Sprint Layout 5.0*.

En este caso, se va a fabricar un “Oscilador controlado por tensión (VCO)”. Para ello, se abre el diseño en *Sprint Layout* y se imprime en papel de acetato.



Fig. 10: Oscilador controlado por tensión (VCO).

Cabe destacar que existen varios tipos de placas de circuito impreso [3], las cuales se clasifican según su estructura, según tipo de laminado, según construcción y según características eléctricas:

- Según Estructura: Existen tres tipos de placas de este tipo. Placas de Circuito Impreso Mono-capa, placas de Circuito Impreso de Doble-Cara y placas de Circuito Impreso Multicapas (hasta 16 capas).
- Según tipo de Laminado: De este tipo de placas se diferencian cuatro placas distintas. Placas de Circuito Impreso con Laminado de Epoxi-vidrio (FR4 y FR5). Placas de Circuito Impreso con Laminado de PTFE y otros con una baja, media y alta constante dieléctrica y bajo factor de disipación, tipos Cuclad, Diclاد, Arlon 1000, etc. Placas de Circuito Impreso con Laminado de Poliamida y metalización de fibra de carbono para aplicaciones aeronáuticas. Y placas de Circuito Impreso con Laminados BT y con resinas Epoxídicas modificadas de alto Tg, para trabajar a elevadas temperaturas.

- Según Construcción: En este caso se pueden diferenciar 3 tipos de placas. Placas de Circuito Impreso Multicapa con taladros enterrados y taladros ciegos. Placas de Circuito Impreso Multicapa con diferentes conexiones entre capas (Circuitos Secuenciales). Y placas de Circuito Impreso Multicapa con disipadores de calor externos, de cobre niquelado o de aluminio pasivado (Heat Sink).
- Según Características Eléctricas: De este último tipo se tienen dos placas distintas. Placas de Circuito Impreso Impedancia controlada y Placas de Circuito Impreso para Microondas, Strip-Line, Micro-strip, etc.

Para este prototipo se va a utilizar una placa de circuito impreso de doble cara.

El primer paso es dimensionar la placa a partir de las medidas del circuito que se ha imprimido. Para ello, se utiliza una guillotina con las precauciones necesarias ya que es una herramienta que puede ocasionar graves cortes.

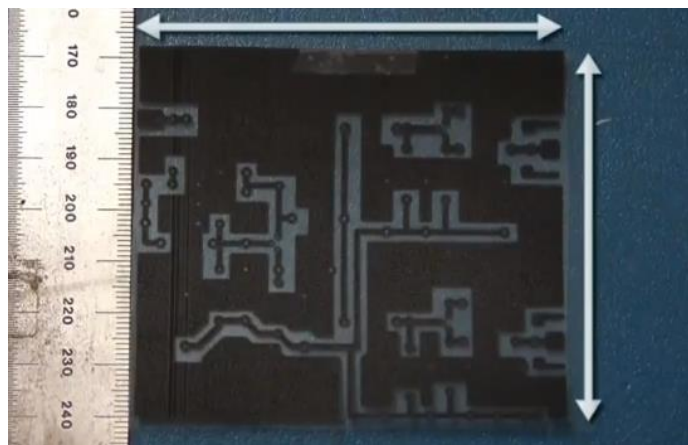


Fig. 11: Dimensionado de la placa.

Una vez cortada la placa, se despegan una de las protecciones de la placa. A continuación, se superpone el circuito impreso en el papel de acetato sobre la placa fijándolo con cinta adhesiva (esto se denomina fotolito), y se introduce en la máquina insoladora. Ésta máquina es la encargada de proyectar luz ultravioleta hacia el fotolito para que se imprima el circuito en el material fotosensible. El proceso de insolado tiene una duración de unos 210 segundos, dependiendo de las especificaciones de la placa.

1.5.1 TIPOS DE PLACAS FOTOSENSIBILIZADAS.

Existen dos tipos de placas fotosensibilizadas:

- Placa fotosensibilizada Positiva: en la que la luz ultravioleta que llega a insolar el material fotosensible, provocará una reacción en éste de forma que ese material fotosensible desaparecerá en el proceso de revelado de la placa.

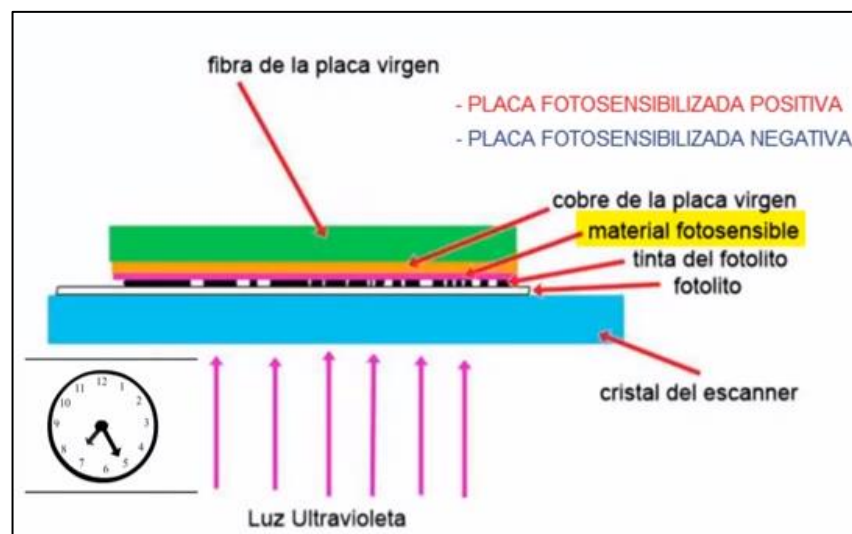


Fig. 12: Tipos de placas fotosensibilizadas.

- Placa fotosensibilizada Negativa: el material fotosensible permanecerá tras el revelado y lo que no ha tenido contacto con la luz ultravioleta desaparecerá.

1.5.2 PROCESO DE FABRICACIÓN DE UN CIRCUITO IMPRESO.

El proceso de insolado consiste en exponer la placa a una luz ultravioleta para que ésta positive tan solo la parte de la placa que el fotolito no tapa.

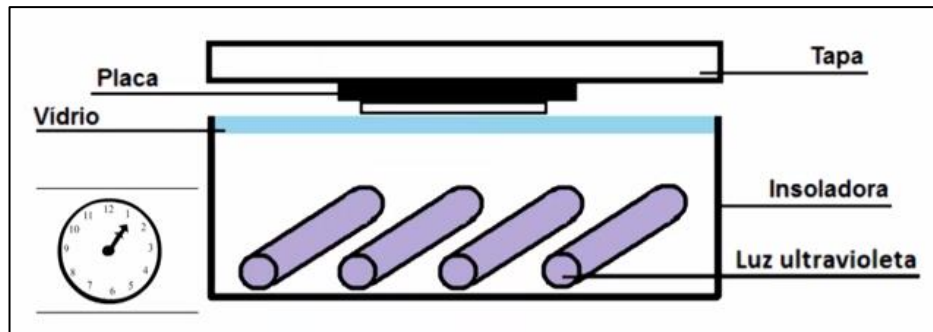


Fig. 13: Proceso de insolado de la placa.

Una vez terminado el proceso de insolado, se extrae la placa y se despegla la protección de la otra cara. Después, se levanta el fotolito y se observa el correcto insolado del circuito en la placa.



Fig. 14: Placa tras insolación.

Una vez se ha insolado el circuito se pasa al proceso de revelado del circuito. Para este proceso son necesarios los siguientes elementos:

- Líquido revelador.
- Ácido clorhídrico.
- Agua oxigenada.
- Dos recipientes para verter líquidos.



Fig. 15: Elementos para el revelado y atacado.

Se comienza vertiendo tres tapones de líquido revelador en un recipiente, se introduce la placa y se mueve ligeramente el recipiente hasta que se observe el circuito revelado. Se extrae la placa del recipiente, se aclara con agua y se seca.

A continuación, se lleva a cabo el proceso de atacado de la placa. Este proceso se comienza vertiendo, en el recipiente, tres tapones de agua oxigenada y otros tres tapones de ácido clorhídrico. Hay que tener precaución ya que es una sustancia muy corrosiva. Se introduce la placa en el recipiente y se mueve ligeramente hasta que se elimine el cobre que no forma parte del circuito. Se extrae con unas pinzas la placa del recipiente, se aclara con agua y se seca. Por último, se aplica acetona a la placa por ambas caras para eliminar el barniz para poder soldar los elementos correctamente.

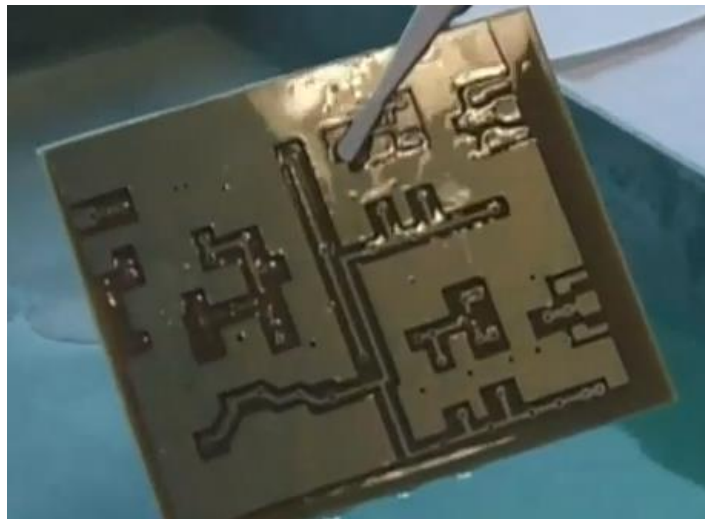


Fig. 16: Placa tras proceso de atacado.

Una vez el circuito está revelado, atacado y lavado se procede a realizar los taladros, uno a uno, que el circuito necesite. Para este proceso se utilizará un taladro con una broca de un milímetro. Cuando se han realizado todos los taladros, llega el proceso de avellanado de la placa. El avellanado consiste en aplicar un taladro superficial por la

parte posterior de la placa a cada uno de los taladros realizados, esta vez con una broca de un grosor mucho mayor. De esta manera se evita posibles contactos de los terminales de los elementos del circuito con la zona de masa. Hay que tener cuidado con la fuerza que se aplica en el avellanado para no atravesar la placa.

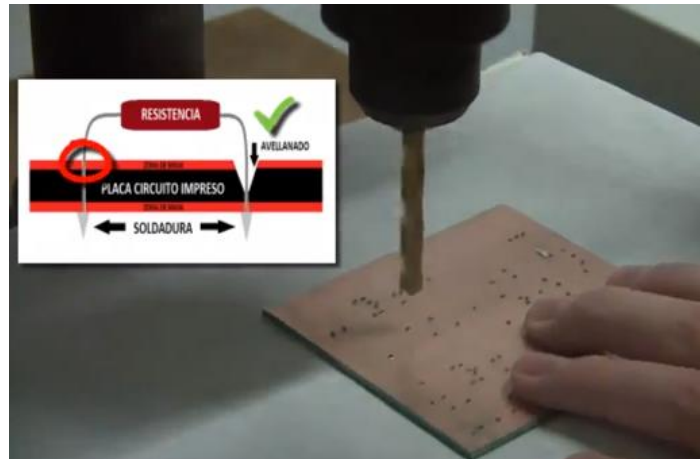


Fig. 17: Taladrado y avellanado de la placa.

Para finalizar la placa de circuito impreso, se sueldan los componentes. Hay que tener cuidado a la hora de soldar ya que pueden ocasionarse quemaduras graves. En este apartado es posible que se encuentren distintos tipos de componentes. A modo de ejemplo se explica la soldadura de los dos tipos de resistencias que existen:

- Resistencias axiales: se caracteriza por sus largos terminales. Existen varios tipos de resistencias axiales, dependiendo de su composición y de su vatiaje.
- Resistencias SMD: también denominadas resistencias de montaje en superficie, se caracterizan por su pequeño tamaño.



Fig. 18: Tipos de resistencias.

Para soldar la resistencia axial, se doblan sus terminales y se introducen por los taladros correspondientes. El cuerpo de la resistencia, en este caso, se quedará en la cara de masa de la placa. A continuación, hay que calentar la pista junto al terminal de la resistencia y, posteriormente, se aplica estaño. Por último, se cortan los terminales de la resistencia axial para evitar posibles interferencias con otros componentes del circuito o pérdidas.

Para soldar la resistencia SMD o de montaje superficial, hay que tener cuidado con su pequeño tamaño puesto que complica la soldadura. En este caso, se utilizan unas pinzas para sujetar mejor la resistencia. A continuación, se calienta el extremo de la resistencia junto a la pista y, posteriormente, se aplica estaño. En este caso, la resistencia SMD ha de quedar en la zona de pistas de la placa.

Una vez soldados todos los componentes del montaje, se habrá finalizado la fabricación del circuito impreso.

1.5.3 ANEXO. GUIÓN DE CREACIÓN DE UN CIRCUITO IMPRESO.

1. Título: “CREACIÓN DE UN CIRCUITO IMPRESO”.

Imagen1: Aparecerá una diapositiva con el título del video durante 4 segundos.

Texto1: Creación de un circuito impreso.

2. Impresión del diseño del circuito.

Imagen2: Aparece una grabación con el título del paso 1 de fondo. En la grabación se observa cómo se abre el programa *Sprint Layout 5.0* y los pasos a seguir para guardar un circuito ya diseñado.

Texto2: Paso1: Impresión del circuito. Una vez diseñado el circuito, se exportará en formato lay. Para ello se guardará en guardar como, se introducirá un nombre al circuito y el tipo será: “.lay”. Por último se guarda en un disco extraíble y se imprime en papel de acetato.

3. Dimensionado de la placa de circuito impreso.

Imagen3: Se muestra un vídeo sobre cómo se realiza el dimensionado de la placa. En él se mide, se corta la placa y se pega el *layout* a la placa.

Texto3: Paso 2: Dimensionado de la placa. Se mide y se corta la placa con las medidas correspondientes. A continuación, se despega una de las pegatinas de la placa y se fija el *layout* en el sentido correcto para su insolación.

4. Máquina insoladora.

Imagen4: En primer lugar aparece una imagen de la insoladora abierta. Posteriormente se muestra un vídeo sobre cómo se coloca la placa dentro de la insoladora y cómo se introducen los valores deseados en esta.

Texto4: Paso 3: Insolar la placa. Se coloca la placa dentro de la insoladora con el layout hacia la luz ultravioleta. Ésta se cierra, se sella para crear el vacío en el interior de la insoladora y se enciende. A continuación marcan los segundos recomendados por el fabricante de la placa y se activa la insolación.

5. Tipos de placas fotosensibilizadas.

Imagen5: A continuación aparece una imagen “*picture-in-picture*” donde se explica las diferentes placas foto-sensibilizadas que hay y el proceso de insolación que sufren cada una. También aparece la imagen de un reloj en funcionamiento.

Texto5: Existe dos tipos de placas foto-sensibilizadas: cuando la placa es positiva, significa que la luz que llega a insolar el material fotosensible provocará una reacción en éste de tal forma que ese material fotosensible desaparecerá en el proceso de revelado de la placa. Cuando la placa es negativa, ocurre lo contrario, el material fotosensible permanecerá tras el revelado y la que no ha tenido contacto con la luz, desaparecerá. En este caso la placa es foto-sensibilizada positivamente.

6. Proceso de insolado de la placa de circuito impreso.

Imagen6: Se muestra la imagen teórica del proceso de insolado junto con la imagen del reloj funcionando.

Texto6: El proceso de insolado consiste en exponer la placa a una luz ultravioleta para que ésta positive tan solo la parte de la placa que el *layout* no tapa.

7. Comprobación del insolado de la placa de circuito impreso.

Imagen7: Aparece un vídeo con los últimos segundos de insolación y cómo se abre y se saca la placa de la insoladora. Se despega la pegatina posterior de la placa y se muestra el correcto insolado.

Texto7: Finalizamos abriendo la insoladora y extrayendo la placa. Se despega la pegatina posterior y se observa el correcto insolado.

8. Revelado de la placa de circuito impreso.

Imagen8: Se muestra la imagen de los botes de agua oxigenada, líquido revelador y ácido clorhídrico con sus respectivos nombres superpuestos en los botes. En la parte inferior de la imagen se muestra el título del paso 4.

Texto8: Paso 4: Revelado del circuito.

Imagen9: Aparece un vídeo donde se muestra cómo se vierte el líquido revelador sobre un recipiente, se ve cómo se introduce la placa en él y cómo se agita para que se revele correctamente.

Texto9: Se vierten en el recipiente tres tapones de líquido revelador. A continuación se introduce la placa, y se agita el recipiente hasta que se revele el circuito. Se termina extrayendo el circuito del recipiente, y se aclara con agua.

9. Atacado de la placa de circuito impreso.

Imagen10: Aparece un vídeo sobre cómo se vierten en el recipiente los tapones de ácido clorhídrico y los de agua oxigenada. Se vierten la cantidad necesaria para el atacado de la placa. Para el vertido del ácido clorhídrico se muestra una señal de sustancia corrosiva. A continuación se vuelve a introducir la placa dentro del recipiente y se vuelve a agitar éste hasta que se elimine el cobre sobrante. Por último se extrae el circuito del recipiente.

Texto10: Paso 6: Atacado de la placa. Se vierte en el recipiente tres tapones de ácido clorhídrico. Se vierten en el mismo recipiente otros tres tapones de agua oxigenada. A continuación, se introduce la placa de nuevo en el recipiente y se vuelve a mover hasta que se elimine el cobre que no forma parte del circuito. Se extrae con unas pinzas el circuito del recipiente.

10. Lavado y secado de la placa de circuito impreso.

Imagen11: Se muestra un vídeo donde se lava y se seca la placa con agua. Posteriormente aparece cómo se aplica acetona para eliminar el barniz del cobre de la placa y poder soldar correctamente los componentes sobre ella. Por último se volverá a lavar y secar en agua.

Texto11: Paso 7: Lavado y secado de la placa. Se aclara con agua y se seca, por ejemplo, con papel. Se aplica acetona para eliminar el barniz del cobre y poder soldar los elementos correctamente. Finalmente, se vuelve a aclarar con agua y se seca.

11. Taladrado y avellanado de la placa de circuito impreso.

Imagen12: Aparece un vídeo sobre cómo se taladra y se avellana una placa. En el avellanado se introduce una imagen teórica sobre para qué sirve el avellanado. También se advierte sobre la fuerza aplicada en el avellanado, mediante una imagen de advertencia, para que no traspasar la placa. Y finalmente se muestra el resultado final en la placa.

Texto12: Paso 8: Taladrado y avellanado de la placa. Se taladra la placa con una broca de un milímetro. Éste último paso, durará más o menos, dependiendo del número de taladros que se deban realizar. Por último, se avellan los taladros de la parte trasera de la placa con una broca mayor, evitando así el posible contacto con la zona de masa de las patillas de los componentes a soldar. Hay que tener precaución con la fuerza aplicada en el avellanado para no traspasar la placa.

12. Soldadura de componentes.

Imagen13: Se muestra un vídeo sobre los dos tipos de resistencia que hay. En él, se explica las características de cada una de estas y se enseña cómo se sueldan en la placa. En el vídeo van apareciendo imágenes superpuestas indicando el tipo de resistencia que se está usando y que se tenga precaución con la soldadura.

Texto13: Paso 9: Soldadura de componentes. Se soldarán dos tipos de resistencias: Resistencia axial y resistencia SMD o de montaje superficial. Primero, se soldará la resistencia axial: este tipo de resistencia se caracteriza por sus largos terminales. Existen varios tipos de resistencias axiales: dependiendo de su composición y de su disipación. Segundo, se soldará la resistencia SMD o de montaje en superficie. Esta se caracteriza por su pequeño tamaño. Para soldar la resistencia axial, se doblan sus terminales y, a continuación, se introducen por los taladros correspondientes. El cuerpo de la resistencia, en este caso, se quedará en la cara de masa de la placa. Para soldar la resistencia, primero se calienta con el soldador la placa y, posteriormente, se aplica estaño. Hay que tener cuidado con el soldador ya que puede ocasionar quemaduras graves. Finalmente, se cortan los terminales de la resistencia axial para evitar posibles interferencias con otros componentes o pérdidas. Hay que tener cuidado con el pequeño tamaño de la resistencia SMD porque complica la soldadura. En este caso, se utilizan unas pinzas para sujetar mejor la resistencia. Para soldar la

resistencia SMD se procederá igualmente: primero se calentará la placa con el soldador y posteriormente se aplicará estaño. En este caso, la resistencia SMD debe quedar por la cara de pistas de la placa. Una vez soldados todos los componentes restantes se habrá terminado el montaje del circuito impreso.

13. FIN.

Imagen14: Aparece una imagen en movimiento con la palabra FIN y los nombre de los creadores y colaboradores del vídeo.

1.6 RUIDO DE FASE. TEORÍA.

Para explicar el ruido de fase se ha elegido dividir este tutorial en dos, una parte donde se expondrán las bases teóricas de qué es el ruido de fase y otra fase práctica acerca de cómo se puede medir.

Para la composición del tutorial “Ruido de Fase. Teoría”, se ha comenzado creando un guion, al igual que para los demás tutoriales.

Para esta explicación, se ha comenzado introduciendo el concepto de señal sinusoidal de un oscilador real. Para ello se muestra una señal sinusoidal y se describen todos los parámetros de los cuales ésta consta. La señal se define en los tres dominios, es decir, en el dominio del tiempo, en el dominio fasorial y en el dominio de la frecuencia. Dentro de cada uno de los dominios se definen los parámetros de la señal y se relacionan los parámetros de un dominio con los de otro dominio, haciendo así el entendimiento por parte del alumno más sencillo.

Una vez explicado lo que es una señal sinusoidal y sus componentes en los tres dominios se procede a explicar el ruido de fase en una señal sinusoidal en un oscilador real, y para ello se sigue el mismo procedimiento que en el caso anterior, es decir, se explica el ruido de fase y sus efectos en los tres dominios, dominio del tiempo, dominio fasorial y dominio de la frecuencia.

1.6.1 SEÑAL SINUSOIDAL EN EL DOMINIO DEL TIEMPO.

Es una señal periódica cuya expresión habitual viene dada por:

$$y(t) = A_0 \text{sen}(w_0 t + \varphi_0), \text{ donde:}$$

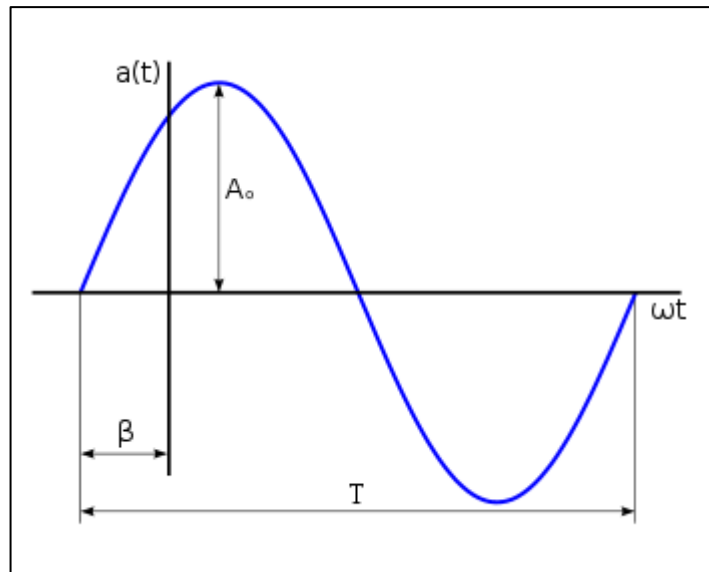


Fig. 19: Señal sinusoidal en el dominio del tiempo.

- A_0 es la amplitud máxima que alcanza la señal. Viene dada en las mismas unidades que la señal. También se denomina amplitud de pico, y al doble de su valor amplitud pico-pico.
- w_0 es la velocidad de variación de fase, o pulsación. Viene dada en radianes/s. La pulsación está directamente relacionada con el periodo de la señal que normalmente vendrá dado en segundos:

$$y(t) = y(t+T) \rightarrow A_0 \sin(w_0 t + \varphi_0) = A_0 \sin(w_0(t+T) + \varphi_0) \rightarrow w_0 t + \varphi_0 + 2k\pi = w_0(t+T) + \varphi_0 \rightarrow$$

$$T = k \frac{2\pi}{w_0}$$

, que toma valor mínimo para $k=1$, de donde:

$$T = \frac{2\pi}{w_0}$$

A partir del periodo se define la frecuencia de la señal, que se corresponde con el número de ciclos o periodos por segundo, y se mide en hertzios (Hz):

$$f = \frac{1}{T} = \frac{w_0}{2\pi}$$

$w_0 t + \varphi$ es la fase de la señal en cada instante, t . Puede venir dada en radianes o en grados, aunque es conveniente expresarla en radianes para evitar mezclar unidades, ya que la pulsación suele darse en rad/s. Varía linealmente entre 0 y 2π . Al valor φ_0 se le denomina fase inicial de la señal, ya que es el valor que toma la fase en el instante $t=0$.

Puede venir dada en radianes o en grados, aunque nuevamente es conveniente expresarla en radianes para evitar complicaciones.

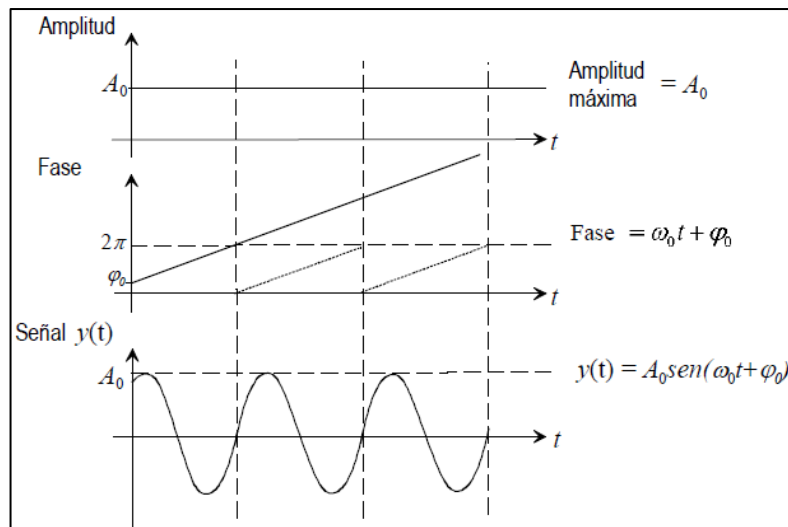


Fig. 20: Amplitud y Fase de una señal sinusoidal.

1.6.2 SEÑAL SINUSOIDAL EN EL DOMINIO FASORIAL.

Es posible establecer una relación directa entre los números complejos y las funciones sinusoidales que permite representar cualquier función sinusoidal con un número complejo que gira en torno al origen a una velocidad constante.

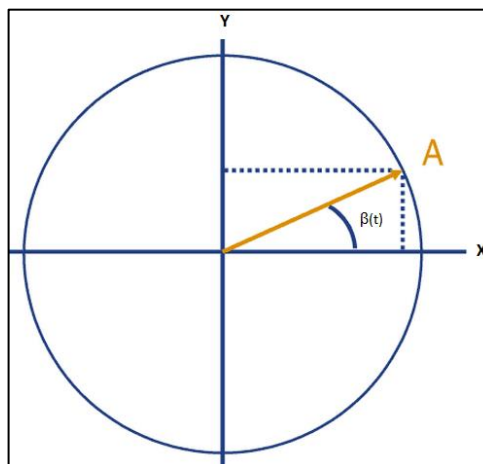


Fig. 21: Fasor A.

Sea un número complejo $z = A_0 e^{j\phi_0}$. Si se representa en el plano complejo sus partes real e imaginaria se corresponderán con las proyecciones sobre los ejes coordenados:

$$\text{Re}[z] = A_0 \cos \phi_0$$

$$\text{Im}[z] = A_0 \sin \varphi_0$$

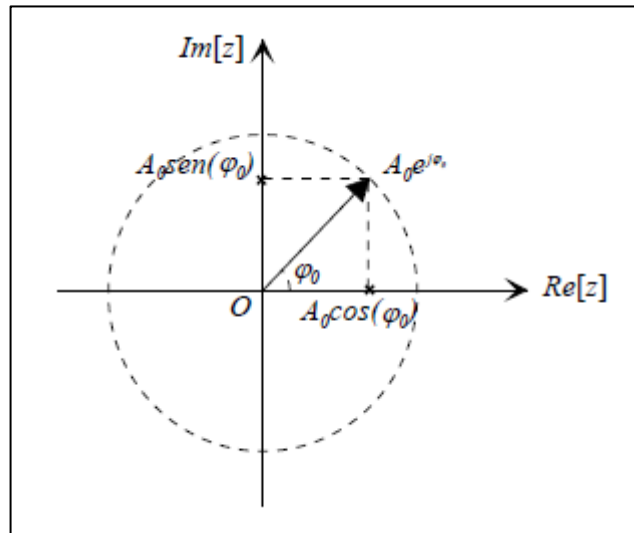


Fig. 22: Número complejo.

Si se multiplica este número complejo z por otro $e^{j\phi}$ se estará rotando ϕ radianes respecto al origen. Si además ϕ varía con el tiempo de la forma $\phi(t) = \omega_0 t$, el producto $z(t) = A_0 e^{j\phi_0} e^{j\omega_0 t}$ representa un número complejo de módulo A_0 que gira a razón de ω_0 radianes por unidad de tiempo en torno al origen del plano complejo. A este número complejo que gira se le denomina fasor, y sus partes real e imaginaria son respectivamente:

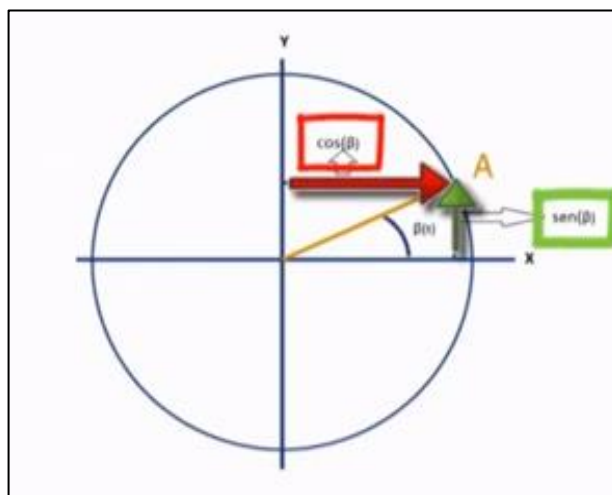


Fig. 23: Seno y coseno de un fasor.

$$\text{Re}[A_0 e^{j\phi_0} e^{j\omega_0 t}] = A_0 \cos(\omega_0 t + \phi_0)$$

$$\text{Im}[A_0 e^{j\phi_0} e^{j\omega_0 t}] = A_0 \sin(\omega_0 t + \phi_0)$$

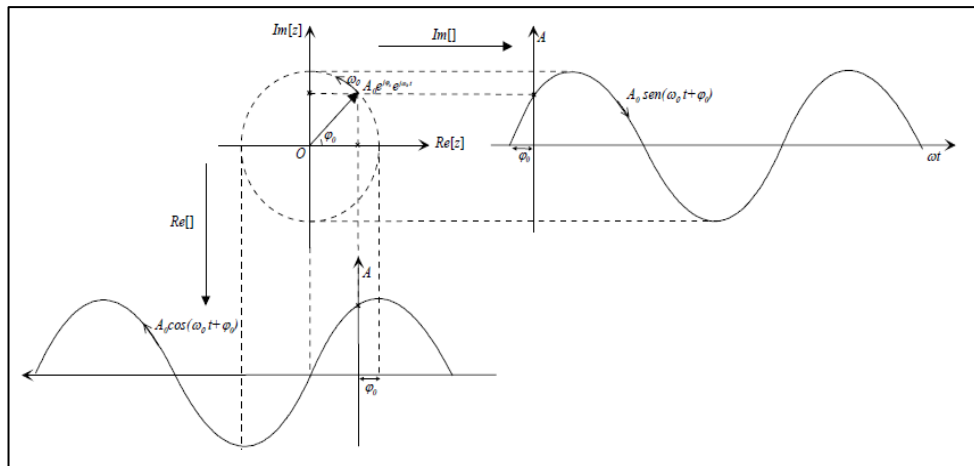


Fig. 24: Paso del dominio fasorial al dominio del tiempo.

En conclusión, se puede expresar cualquier señal sinusoidal como la parte real o imaginaria de un fasor de módulo igual a la amplitud máxima de la señal, de argumento igual a su fase inicial, y que gira a una velocidad angular igual a la pulsación de la señal.

1.6.3 SEÑAL SINUSOIDAL EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA.

Teóricamente, una onda sinusoidal existe un tiempo infinito y nunca cambia. La transformada matemática, que convierte la forma de la onda del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia se llama la transformada de Fourier y comprime toda la información en la onda sinusoidal de un tiempo infinito en un punto.

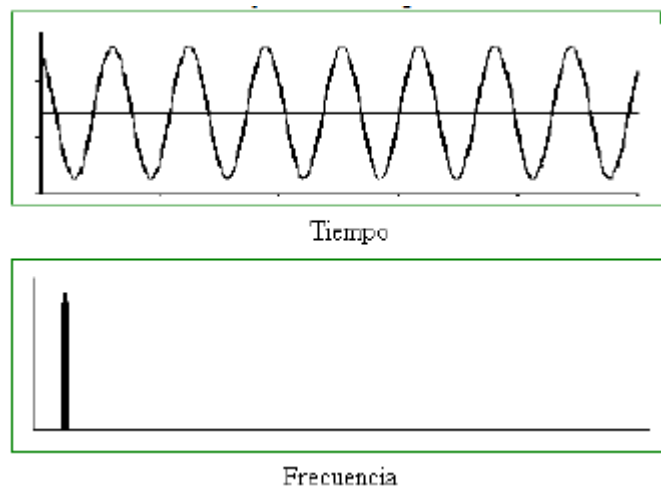


Fig. 25: Señal sinusoidal en el dominio del tiempo y fasorial.

Fue precisamente el matemático francés Jean Baptiste Fourier (1768 - 1830) quien encontró la forma de representar una señal compleja en el dominio del tiempo por medio de series de curvas sinusoidales con valores de amplitud y frecuencia específicos. Entonces, un analizador de espectros es una herramienta capaz de representar las componentes espectrales de una determinada señal a partir de su transformada de Fourier.

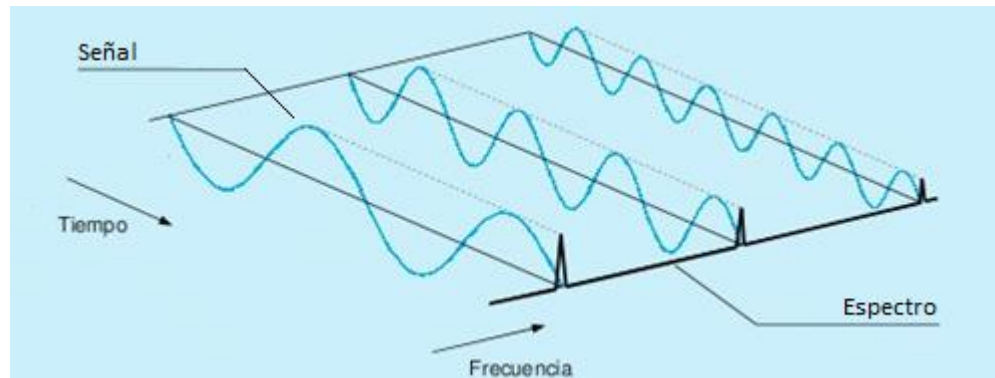


Fig. 26: Paso del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia.

En la imagen plana superior puede verse claramente la señal. A dicha señal se le calculan todas las señales sinusoidales en el dominio del tiempo que la componen y por último se muestra cada una de ellas en el dominio de la frecuencia. Por tanto, empleando la transformada de Fourier, podemos retomar la suma de señales simples y representar exactamente la misma operación en el dominio de la frecuencia como se muestra en la imagen inferior, con la particularidad de que en este caso resulta obvio obtener las frecuencias y amplitudes de las dos componentes originales a partir del espectro resultante.

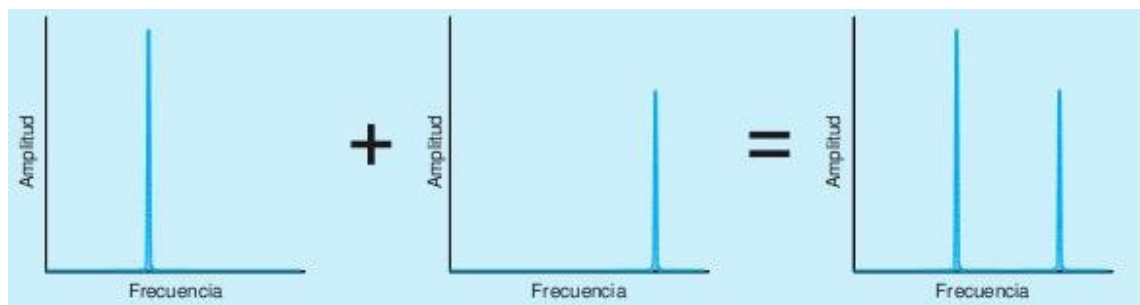


Fig. 27: Obtención de la señal sinusoidal en el dominio de la frecuencia.

1.6.4 RUIDO DE FASE EN UN VCO.

De forma genérica, el ruido de fase es un caso particular, referido a variaciones muy rápidas o a corto plazo, que sufre una señal en torno a su frecuencia. La estabilidad en frecuencia se entiende como la medida en la cual un oscilador mantiene el mismo valor de frecuencia a lo largo de un periodo determinado. Una onda sinusoidal ideal se describe por:

$$V(t)=V_0\text{sen}(2\pi ft)$$

Se puede representar la salida instantánea de un oscilador como:

$$V(t) = V_0 [1+A(t)] \text{sen}[2\pi ft+q(t)]$$

Donde $A(t)$ y $q(t)$ representan la amplitud y las fluctuaciones de fase de la señal, respectivamente.

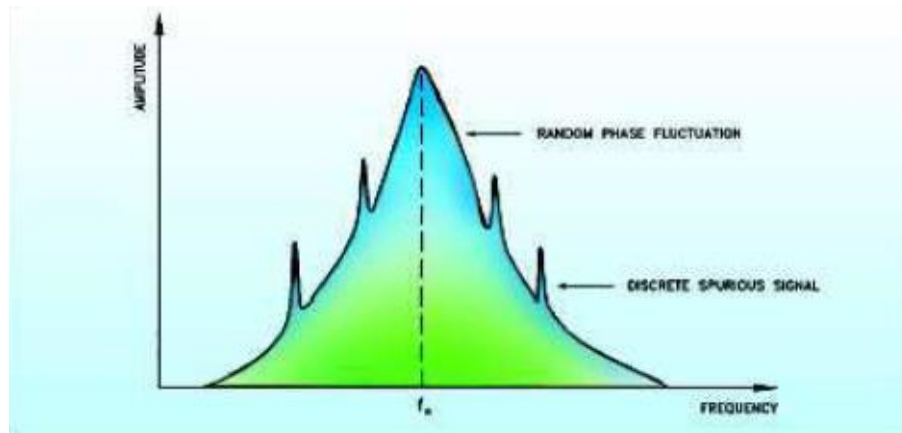


Fig. 28: Espectro de un oscilador.

En la figura anterior se observa el espectro de un oscilador [4], que está formado por una función delta en la frecuencia de oscilación. La densidad espectral desciende hacia los lados de forma casi simétrica y llega a estabilizarse en el nivel del ruido térmico a cierta distancia de la frecuencia de oscilación. Se observa las dos componentes que provocan fluctuaciones en la fase. La primera de ellas, conocida como espuria, aparece como distintas componentes en la densidad espectral. La segunda componente, aleatoria por naturaleza, es comúnmente conocida como Ruido de Fase.

El origen del ruido de fase en un oscilador se debe al ruido térmico y al ruido *Flicker* (ruido $1/f$). Se supondrá para el análisis, que $A(t) \ll 1$, ya que la mayor parte de los osciladores operan en saturación, de manera que la componente de ruido AM está normalmente 20 dB por debajo que la componente de ruido de fase.

La mayoría de los métodos utilizados para medir el ruido de fase de un oscilador, consisten en medir la desviación en fase o frecuencia de la fuente bajo prueba, bien en el dominio del tiempo, bien en el dominio de la frecuencia. Como el tiempo y la frecuencia están relacionados, tal y como se explicó en los puntos anteriores, todos estos términos lo estarán también. No obstante el ruido de fase de un oscilador se describe mejor en el dominio de la frecuencia, donde la densidad espectral de las fluctuaciones en la fase, por unidad de ancho de banda, se caracteriza midiendo el ruido en las bandas laterales, a cada uno de los lados de la frecuencia central de la señal de salida.

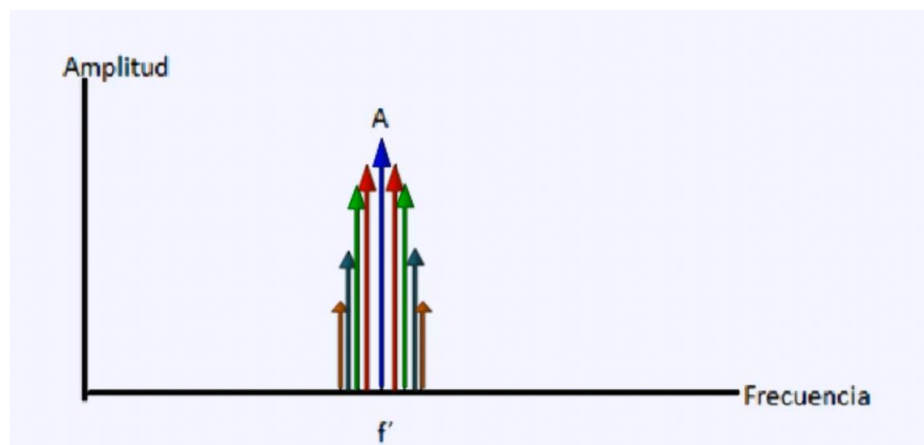


Fig. 29: Efecto del ruido de fase en el dominio de la frecuencia.

El ruido de fase en banda lateral única se especifica en dBc/Hz a un offset determinado con respecto a la portadora.

En este caso, la medida se ha realizado midiendo la variación de potencia respecto a la portadora de los componentes que se encuentran a un offset de la misma entre 100Hz y 10MHz. Una idea de los resultados teóricos que se obtiene al hacer esta medida se puede observar en la imagen de abajo. Como referencia, podemos señalar, un nivel de ruido de -110 dBc/Hz a un offset de 1kHz respecto de la portadora.

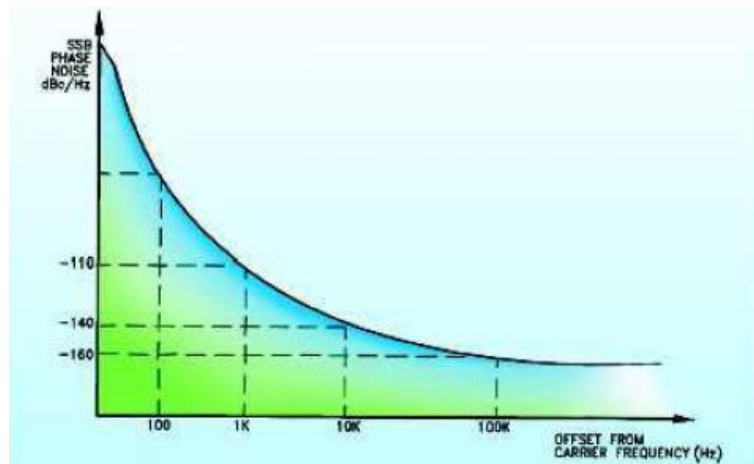


Fig. 30: Medida teórica del Ruido de Fase.

Los factores que más afectan al ruido de fase de un VCO [5] son los siguientes:

- Factor Q del resonador.
- Factor Q del diodo varactor.
- Dispositivos activos usados para el transistor oscilante.
- Ruido de la fuente de potencia.
- Ruido de la fuente externa de tensión.

La contribución de estos dos últimos factores se puede eliminar haciendo una elección oportuna de las fuentes. Así, el ruido de fase de un VCO se debe fundamentalmente al factor Q del circuito. Para diseñar un circuito con un elevado factor de calidad, el ancho de banda del circuito debe hacerse pequeño, por tanto, un VCO diseñado para minimizar el ruido de fase tendrá un rango de funcionamiento menor.

1.6.5 MODELO DE LESSON.

El modelo de *Leeson* [5] puede resumirse en los siguientes pasos:

- El oscilador se puede descomponer fundamentalmente en dos cuadripolos separados. Uno de ellos es el que tiene el elemento activo, y por tanto el que introduce el ruido electrónico. El segundo cuadripolo es el que contiene el resonador (LC, cristal...), que actúa de filtro.
- El ruido que introduce el elemento activo consta de un ruido blanco, y un ruido *Flicker* [6] en baja frecuencia. La frecuencia de corte del ruido *Flicker*,

“ f_c ”, varía de un dispositivo a otro, pero suele estar entre 10 Hz y 10 kHz. En esta “ f_c ” del ruido cambia de una característica $1/f$ a una característica plana. El ruido global será menor cuanto menores sean el factor de ruido y la frecuencia de corte del ruido *Flicker*.

- El resonador se caracteriza como un filtro paso bajo para la perturbación de ancho de banda $f_0/2Q$. Los componentes de ruido que caigan dentro del ancho de banda del resonador se realimentan a la entrada del elemento activo, y por tanto la densidad espectral en esas frecuencias es más elevada. Cuanto mayor sea el Q del circuito menor será su ancho de banda, y por tanto menor será la realimentación del ruido.

Utilizando estas ideas, el modelo de *Leeson* concluye que el ruido de fase del oscilador sigue la expresión:

$$L(f_m) = \frac{1}{2} \frac{kT_0 f}{P_{sav}} \left(1 + \frac{f_c}{f_m}\right) \left(1 + \left(\frac{f_0}{2Qf_m}\right)^2\right) \quad , \text{ donde:}$$

f = Factor de ruido del dispositivo.

f_c = Frecuencia de corte del ruido flicker del dispositivo.

k = Constante de *Boltzman*.

T_0 = Temperatura de referencia (290 K).

P_{sav} = Potencia de señal que se realimenta del dispositivo activo.

f_0 = Frecuencia de oscilación.

Q = Factor de calidad del circuito resonante cargado.

El valor de kT_0 en unidades logarítmicas es de -174 dB(mW/Hz). Valores de P_{sav} superiores a 1 mW no son frecuentes, por lo que se puede decir que existe un límite físico del orden de -177 dBc para el fondo del ruido de fase.

El modelo de *Leeson* coincide básicamente con los datos experimentales que se obtienen en la práctica. El inconveniente que tiene es que no siempre es posible

conocer todos los datos necesarios. Pese a ello es una herramienta muy potente para el diseño de osciladores de elevada calidad.

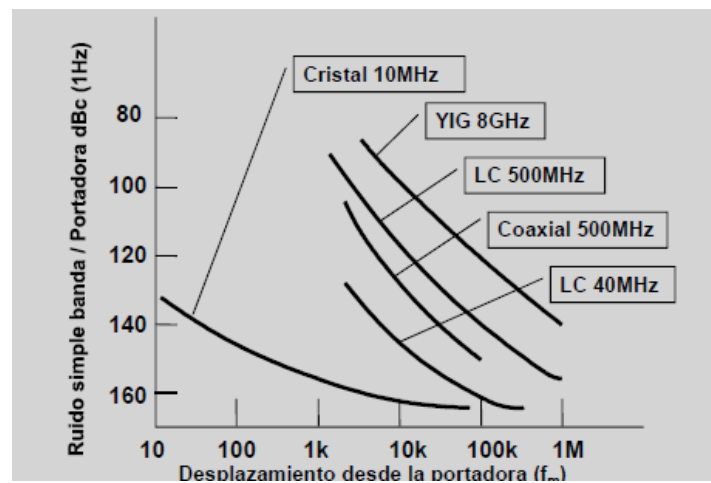


Fig. 31: Ruido de fase en algunos osciladores de RF y microondas.

1.6.6 ANEXO. GUION DE RUIDO DE FASE. TEORÍA.

1. Título: “RUIDO DE FASE (TEORÍA)”.

Imagen1: Título con escudos de la universidad, escuela y departamento.

Texto1: Ruido de fase, teoría.

2. Señal sinusoidal en el dominio del tiempo.

Imagen2: Aparece una señal ideal, en principio se muestra sin la fórmula $x(t)=A\sin(\omega t+\beta)$, y aparecen varios títulos. Posteriormente se muestra la fórmula anterior y en la señal se marcan todos los términos de la fórmula:

Texto2: Medida de ruido de fase. Señal sinusoidal en el dominio del tiempo. En un oscilador ideal, esta es la imagen que se vería. Donde A_0 es la amplitud, t es la variable del tiempo, β es la fase inicial de la señal, ω es la frecuencia angular y T es el periodo de la señal.

3. Señal sinusoidal en el dominio fasorial.

Imagen3: Aparece la imagen de un fasor con su respectivo título.

Texto3: Señal sinusoidal en el dominio fasorial.

Imagen4: Se muestra la imagen de un fasor sobre la cual se destaca la amplitud y la fase. Posteriormente sale la fórmula $\omega=2\pi f$. Se define la fórmula en sí y sus elementos resaltándolos mediante colores y flechas.

Texto4: Un fasor se caracteriza por su amplitud, y su fase, la cual varía con el tiempo. La frecuencia es el número de vueltas que da el fasor en un segundo. Ese valor, multiplicado por 2π , dará como resultado la frecuencia angular omega (ω), que se mide en radianes por segundo. ω , expresa la velocidad a la que el fasor gira.

Imagen5: Aparece la imagen de un fasor y la de una señal sinusoidal marcadas con una flecha, junto con la fórmula $\omega=2\pi f$. Reflejando así la relación entre ambas imágenes.

Texto5: Para pasar del dominio fasorial al dominio del tiempo, se deben realizar proyecciones del fasor A, en cada instante “t” del tiempo, obteniendo valores de seno y coseno para cada instante. Pudiendo así representar el valor de la señal en el dominio del tiempo.

Imagen6: Se muestra la imagen de una fasor en la cual aparecen marcadas sus componentes de seno y coseno respectivamente.

Texto6: Obteniendo valores de seno y coseno para cada instante.

Imagen7: Aparece la imagen anterior de un fasor y una señal sinusoidal en las cuales se marcan varios puntos y se relacionan mediante flechas.

Texto7: Pudiendo así representar el valor de la señal en el dominio del tiempo.

Imagen8: Aparece el fasor girando y una explicación de lo que pasa cuando se varía la frecuencia.

Texto8: Como la frecuencia es el inverso del periodo, si aumenta el valor de la frecuencia angular, disminuye el valor del periodo “T”. Si el valor de ω es menor, el valor del periodo “T” será mayor.

4. Señal sinusoidal en el dominio de la frecuencia.

Imagen9: Se muestra una imagen de una señal en el dominio de la frecuencia con el título correspondiente. Posteriormente el título desaparece quedándose la señal sola, la cual es definida y subrayada.

Texto9: Señal sinusoidal en el dominio de la frecuencia. La señal en el dominio de la frecuencia se observa como un tono, y en un analizador de espectros ideal aparecería como en la imagen.

Imagen10: Aparece varias señales sinusoidales con Δf y la fórmula $x(t)=A\sin(2\pi(f+\Delta f)t+\beta)$. Primero se muestra la imagen con su título correspondiente y posteriormente desaparece el título y se resaltan el incremento de f (Δf).

Texto10: Señal sinusoidal de un oscilador real en el dominio del tiempo. El ruido de fase produce el efecto que se observa en la imagen. Donde incremento de " f " (Δf), es un valor aleatorio que introduce el ruido de fase.

5. Señal sinusoidal de un oscilador real en el dominio fasorial.

Imagen11: Se muestra la imagen de un fasor girando sobre la cual se inserta el título.

Texto11: Señal sinusoidal de un oscilador real en el dominio fasorial.

Imagen12: Se muestra la imagen de dos fasores, uno seguido del otro y con diferente amplitud.

Texto12: Δf se ve reflejado en el dominio fasorial, como un fasor adicional sumado al fasor de la señal ideal.

Imagen13: Aparece la imagen del resultado de la suma de los dos fasores anteriores, lo cual es el efecto del ruido de fase.

Texto13: El resultado del efecto del ruido de fase será un fasor nuevo $X'(t)$, tal y como aparece en la imagen.

Imagen14: Aparece la imagen con los tres fasores en varias posiciones representando el efecto del ruido de fase en el dominio fasorial.

Texto14: Puesto que los valores tanto de amplitud como de fase introducidos por el ruido de fase son aleatorios, esto provocará que el fasor total $X'(t)$ tenga una fase y una amplitud ligeramente aleatoria con el tiempo.

Imagen15: En la imagen se muestra el efecto del ruido de fase en el dominio fasorial y en el dominio del tiempo, marcando en el dominio fasorial las componentes seno y coseno de la señal.

Texto15: En la imagen se observa cómo afecta el ruido de fase a la señal en el dominio del tiempo.

6. Señal sinusoidal de un oscilador real en el dominio de la frecuencia.

Imagen16: Aparece la imagen de una señal en el dominio de la frecuencia y su correspondiente títulos.

Texto16: Señal sinusoidal de un oscilador real en el dominio de la frecuencia.

Imagen17: Se muestra la imagen del efecto del ruido de fase en el dominio de la frecuencia.

Texto17: El efecto del ruido de fase en cada instante de tiempo t , se refleja en el dominio de la frecuencia como tonos de distintos valores de amplitud y frecuencia.

Imagen18: Aparece la imagen de la señal en un analizador de espectro real. Sobre esta imagen se va superponiendo un ejemplo de medida de ruido de fase.

Texto18: En un analizador de espectros, ésta es la imagen que se vería. Por último para medir el ruido de fase, se toma el valor máximo de la señal (aparece la imagen anterior con el valor máximo marcado: 0dBm) y varios valores de la señal en diferentes "offsets" (aparece la imagen anterior y en ella también sale marcado el punto a 10 kHz con un valor de -37dBm). En este caso, a modo de ejemplo, tomamos un solo valor a un offset de 10KHz. Obteniendo un valor de ruido de fase de -37dBm@10kHz.

7. FIN.

Imagen19: Se funde el video a negro para finalizar. FIN.

Imagen20: Se funde el video a negro para mostrar los créditos.

1.7 RUIDO DE FASE. PRÁCTICA.

Para la composición del tutorial “Ruido de Fase. Práctica”, se ha basado en lo aprendido en el tutorial donde se expone la teoría. Para realizar este tutorial se han utilizado, específicamente, un generador de señal modelo *AGILENT 33220A*, un analizador de espectros *AGILENT N9320B*, y dos sondas BNC.

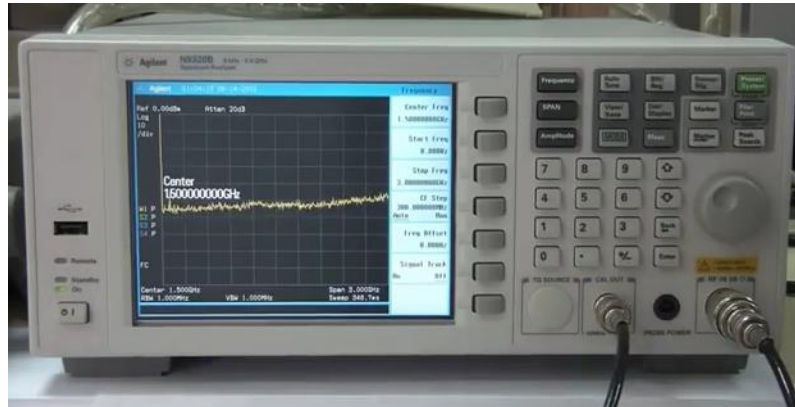


Fig. 32: Analizador de espectros Agilent N9320B.

En este video se pueden diferenciar dos partes, una en la que se mide el ruido de fase del analizador de espectros con su propia señal de calibración, y otra en la que se mide el ruido de fase del analizador de espectros con una señal externa que se introduce en el generador de señal.

1.7.1 TÉCNICAS DE MEDIDA DE RUIDO DE FASE.

Existen fundamentalmente tres métodos de medida del ruido de fase, los cuales se desarrollan a continuación:

1. En este primer método, se mide el ruido de fase directamente a través de un analizador de espectros. La utilización de este método estará justificada siempre que el ruido de fase del analizador de espectros sea mejor (más pequeño) que el ruido de fase de la fuente bajo medida.
2. En un segundo método se utiliza una fuente mejor, que se pone en fase con la señal bajo medida, con un offset de 90° . El producto provocado por la mezcla de la señal bajo prueba y las señales de referencia se mide utilizando un FFT. La medida de la potencia total de la señal y la calibración del

sistema se hacen usando un pre-mezclador con una señal de entrada a un offset de 1 kHz. Con este sistema se obtiene la mejor sensibilidad (alrededor de -175 dBc/Hz), sin embargo, el sintetizador de referencia debe tener una calidad muy elevada.

3. En el tercer método, se utiliza un discriminador y se compara la señal con ella misma retrasada en el tiempo. Esta medida está limitada por los *offsets* dentro de banda, ya que una gran parte del ruido próximo se cancela. La ventaja fundamental de esta técnica es que no se requiere una referencia muy precisa.

A parte de estos tres métodos, el ruido fase se puede medir utilizando un receptor digital. Sin embargo, la demanda de referencias de alta calidad puede estar limitada, por ejemplo, por el rango dinámico de los receptores actuales.

Cuando se lleva a cabo una medida de ruido sobre una señal determinada, conviene tener en cuenta una consideración importante, y es el **Ruido de fondo del sistema**. Este ruido de fondo que tiene el sistema de medida que se esté utilizando puede tener un efecto muy significativo en las medidas de bajo nivel de ruido de fase, es decir, aquellas que por lo general se encontrarán a elevadas frecuencias, pudiendo incluso llegar a enmascarar los niveles de ruido de fase reales en estas frecuencias. El ruido de fondo del sistema puede medirse de dos formas distintas, para el método de precisión se utiliza el “método de Eliminación” y para mayor facilidad el “método de Atenuación”, pero sea cual sea el método que se use para obtenerlo es siempre importante medir primero la señal deseada. Esto se debe a que el ruido de fondo se mide siempre en dBc, relativos a la potencia de la señal portadora.

1.7.2 MEDIDA DEL RUIDO DE FASE A PARTIR DE LA SEÑAL DE CALIBRACIÓN.

Para la medida del ruido de fase del analizador de espectros *Agilent N9320B* a partir de su propia señal de calibración, hay que comenzar conectando la entrada del analizador con la salida de calibración de éste.

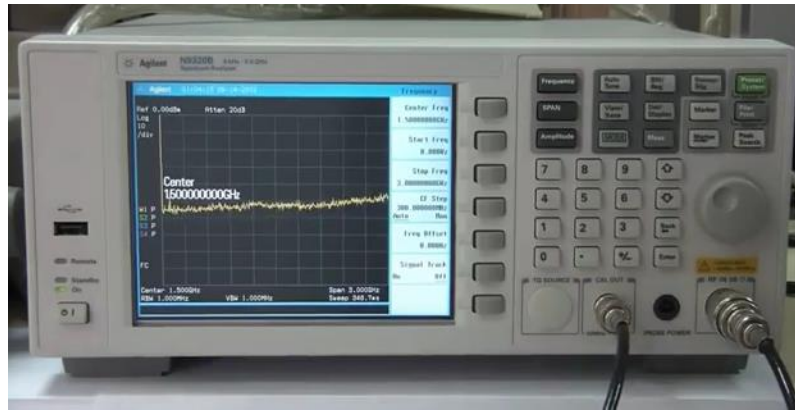


Fig. 33: Analizador de espectros Agilent N9320B.

A continuación, se medirá el ruido de fase de la señal de calibración del propio analizador de espectros de forma automática, función que no tienen todos los modelos de analizadores de espectros. Para ello se ha de activar la función *CAL OUT*, se selecciona la función marcador, y se activa la función medida de ruido de fase.

Acto seguido, se marcan diferentes frecuencias de *offset* a las que se quiere medir el ruido de fase. El propio analizador de espectros va cambiando automáticamente el valor del *span* según la frecuencia de *offset* seleccionada para poder visualizar la señal correctamente.

El analizador de espectros, para estos valores de *offset* y con los anchos de banda de vídeo, usando la fórmula que se puede observar en la siguiente imagen, a partir del valor de la portadora, obtiene y muestra el valor de ruido de fase.

Ruido de Fase en dBc/Hz para frecuencias en kHz							
Frecuencia (kHz)	1	10	20	30	50	100	1000
RBW (kHz)	0,1	1	1	1	1	3	10
Valores portadora (dBc)	-72,68	-79,95	-84,65	-87,67	-91,75	-97,05	-110,45
Valores obtenidos (dBc/Hz)	-83,13	-90,4	-95,1	-98,12	-102,2	-107,5	-120,9

$$X \text{ (dBc/Hz)} = x(\text{dBc}) - 10 \cdot \log(\text{RBW})$$

Fig. 34: Tabla con valores de Ruido de Fase.

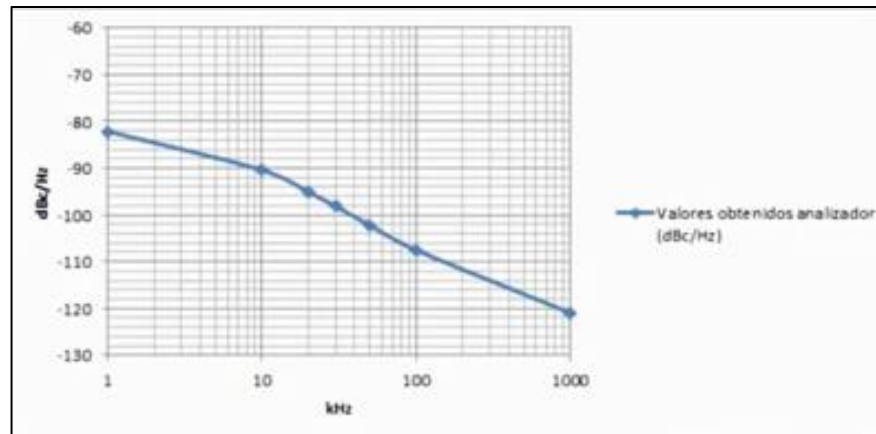


Fig. 35: Gráfica Ruido de Fase obtenido con la señal de calibración.

A modo de comparativa, es reseñable añadir a esta gráfica los valores de ruido de fase proporcionados por el fabricante, con el que se observa un error máximo entre 5 y 7 dB/Dec.

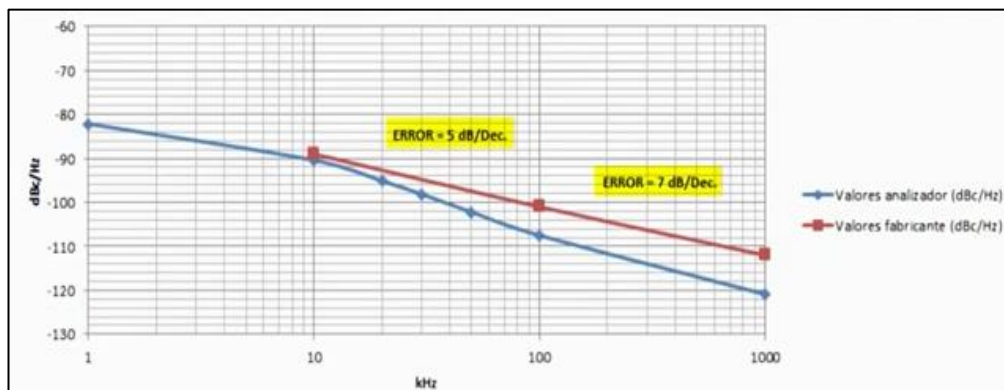


Fig. 36: Gráfica comparativa del Ruido de Fase con datos del fabricante.

1.7.3 MEDIDA DEL RUIDO DE FASE CON FUENTE DE SEÑAL EXTERNA.

Una vez conocido el procedimiento, se procede a sustituir la señal de calibración que proporciona el analizador de espectros *Agilent N9320B*, por un generador de señal externo. En este caso se ha utilizado el generador de señal *Agilent 33220A*.



Fig. 37: Generador de señal Agilent 33220A.

En el generador de señal *Agilent 33220A* se han establecido los siguientes valores de señal: $f = 20\text{MHz}$ y $V_{pp} = 200\text{ mV}_{pp}$. Para que esta señal salga del generador de señal es necesario activar el botón *Output* del generador de señal.

A partir de aquí, se sigue el mismo procedimiento que en el apartado anterior. Se selecciona la función marcador y se activa la función medida de ruido de fase. A continuación se marcan deferentes frecuencias de *offset* a las que se quiere medir el ruido de fase.

Los valores que se han obtenido son los siguientes:

Frecuencia (kHz)	Valores obtenidos generador (dBc/Hz)
1	-83
10	-91
20	-95
30	-97
50	-99
100	-105,6
1000	-118,5

Fig. 38: Tabla de valores de Ruido de fase con señal externa.

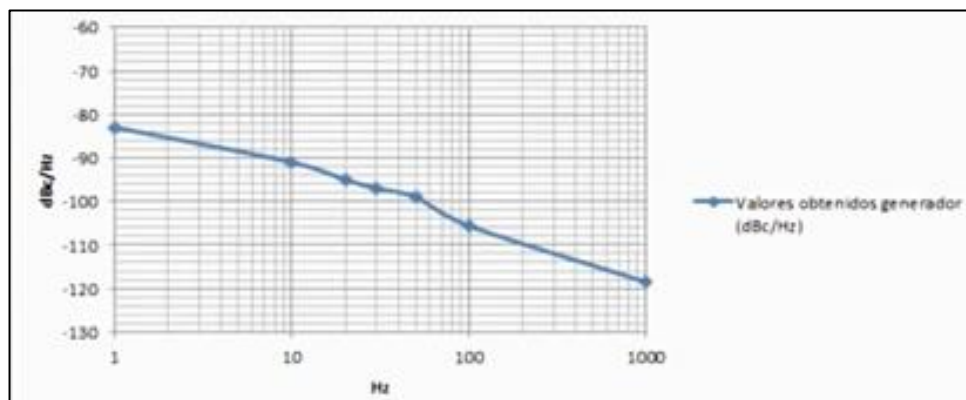


Fig. 39: Gráfica de Ruido de fase con señal externa.

Según el modelo de *Leeson*, se pueden obtener dos tipos de gráficas, dependiendo de si el valor del factor de calidad del oscilador es alto o bajo. En este caso la gráfica de ruido de fase que proporciona el fabricante se asemeja a la gráfica de alto factor de calidad del oscilador.

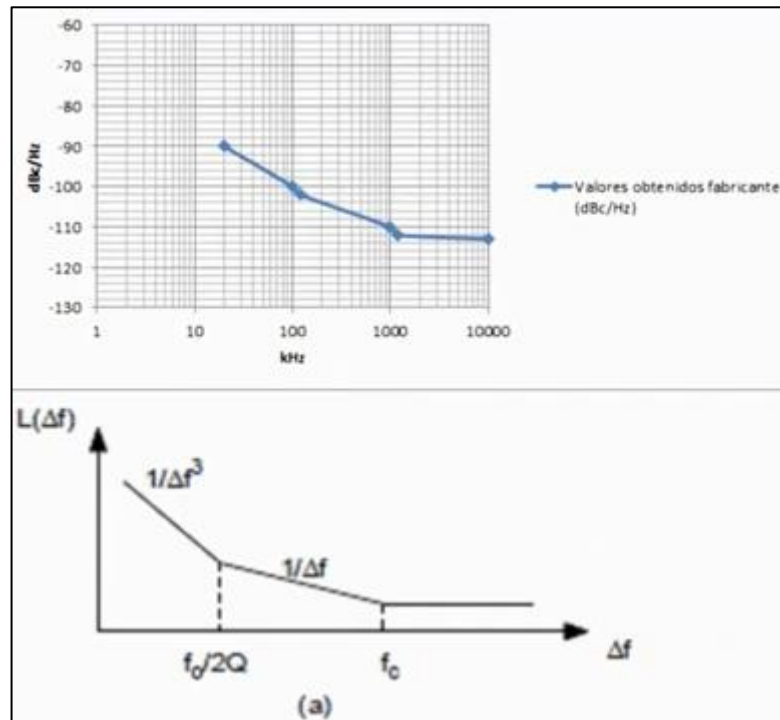


Fig. 40: Comparativa entre gráfica del fabricante con gráfica de alto Q.

1.7.4 ANEXO. GUION RUIDO DE FASE. PRÁCTICA.

1. Título: “RUIDO DE FASE (PRÁCTICA)”.

Imagen1: Aparece el título del vídeo.

Texto1: Ruido de fase práctica.

2. Medida de Ruido de Fase con el analizador de espectros *Agilent N9320B*.

Imagen2: Aparece la imagen del analizador de espectros *Agilent N9320B*,

Texto2: Medida de Ruido de Fase con el analizador de espectros *Agilent N9320B*.

3. Medida de Ruido de fase a partir de la propia señal de calibración.

Imagen3: Se muestra un vídeo del Analizador *Agilent N9320B*, en el vídeo se muestra el encendido del analizador, la conexión mediante una sonda BNC de la propia entrada y salida del analizador, posteriormente se activa la función CAL OUT, se selecciona la función marcador y se activa la función medida de ruido de fase.

Texto3: Se comienza encendiendo el analizador de espectros, en este caso el analizador de espectros utilizado es el *Agilent N9320B*. Se conecta un cable a la entrada y a la salida del propio analizador de espectros. A continuación, se medirá el ruido de fase de la señal de calibración del propio analizador de espectros de forma automática, función que no tienen todos los modelos de analizadores de espectros, para ello se ha de activar la función CAL OUT, se selecciona la función marcador, y se activa la función medida de ruido de fase.

Imagen4: Se muestra un vídeo donde se va seleccionando diferentes frecuencias de offset y se observa como el analizador de espectros va midiendo el ruido de fase de forma automática. A la misma vez se superpone una imagen en la cual aparece una gráfica con los diferentes valores de ruido de fase que van obteniéndose.

Texto4: A continuación se marcan diferentes frecuencias de offset a las que se quiere medir el ruido de fase. El propio analizador de espectros va cambiando automáticamente el valor del *span* según la frecuencia de offset seleccionada.

Imagen5: Aparece una imagen con los valores de offset marcados en el analizador, los valores de ancho de banda de vídeo que el analizador selecciona, el valor de la portadora en cada medida, el valor de ruido de fase obtenido y por último la fórmula con la cual se obtiene el valor de ruido de fase.

Texto5: Como se ha apreciado en el analizador para estos valores de frecuencia y con los siguientes anchos de banda de vídeo el analizador de espectros usando esta fórmula a partir del valor de la portadora obtiene y muestra el valor de ruido de fase.

Image6: Se muestra una imagen con los valores obtenidos en el analizador y su representación gráfica.

Text6: Los valores obtenidos se ven reflejados en la siguiente imagen.

Imagen7: Se muestra una gráfica con la diferencia en dB/Dec entre el ruido de fase medido y el ruido de fase ofrecido por el fabricante.

Texto7: Comparándola con los valores ofrecidos por el fabricante se observa un error máximo de 5 y 7 dB/Dec.

4. Medida de Ruido de Fase a partir de una fuente de señal externa.

Imagen8: Aparece un vídeo del generador de señal *Agilent 33220A*. Éste es encendido y se le introducen los valores que se indica en la imagen superpuesta en el vídeo.

Texto8: Una vez visto el procedimiento se aplica a la medida del ruido de fase de la señal sinusoidal que entrega el generador de funciones.

Imagen9: Se ofrece un vídeo con la conexión entre el analizador de espectros y el generador de funciones. Cabe destacar que se realiza un zoom al generador de funciones con se realiza su conexión a la sonda BNC.

Texto9: Se conecta la entrada del analizador de espectros con la salida del generador.

Imagen10: Se muestra un vídeo “*picture-in-picture*” con la selección del botón output del generador de funciones y cómo aparece la señal en el analizador de espectros.

Texto10: En el analizador se observa como aparece la señal del generador.

Imagen11: Se ofrece un vídeo del analizador de espectros. En él se muestra la selección de varias funciones para medir el ruido de fase y cómo se mide éste.

Texto11: Se selecciona la función marcador y se activa la función medida de ruido de fase. A continuación se marcan diferentes frecuencias de offset a las que se quiere medir el ruido de fase, el propio analizador de espectros va cambiando automáticamente el valor del *span* según la frecuencia de offset seleccionada.

Imagen12: Aparece una imagen con los valores de ruido de fase obtenidos y su representación gráfica.

Texto12: Los valores obtenidos se ven reflejados en la siguiente imagen.

5. Modelo de Leeson.

Imagen13: Se muestra una imagen con las fórmulas del modelo de *Leeson*. Posteriormente se expone quién es *Leeson* y qué realizó y por último se definen los parámetros más importantes de la fórmula, resaltándolos en la imagen.

Texto13: Utilizando el modelo de *Leeson* se puede estimar de forma aproximada el ruido de fase. Científico que mediante un estudio experimental logró implementar una fórmula con la que a partir de una serie de factores consigue una aproximación de la medida de ruido de fase. Los factores que la caracterizan son el factor de ruido del dispositivo activo y la potencia media de señal del oscilador, la constante de *Boltzman*, la temperatura de referencia en grados kelvin, la frecuencia y el factor de calidad cargado del resonador del oscilador, la frecuencia de offset y la frecuencia de cruce de ruido *Flicker* que se define cómo la frecuencia a la que se igualan el ruido térmico y el ruido *Flicker*, el cual se caracteriza por ser función de la intensidad que circula por el dispositivo activo.

Imagen14: Aparece una imagen con las gráficas que se obtendrían dependiendo del factor de calidad del oscilador. Se realiza zoom y se añade una imagen indicando el factor de calidad alto cuando se habla de la gráfica que se obtendría con un oscilador con alto factor de calidad y se realiza zoo y también se añade imagen indicando el factor de calidad bajo en el caso contrario.

Texto14: Dependiendo del factor de calidad del oscilador se obtendrán dos tipos de gráficas. En la imagen superior se observa la gráfica que se obtendría con un oscilador de alto factor de calidad y en la parte inferior se observa la gráfica que se obtendría con un oscilador con menor factor de calidad.

Imagen15: Se muestran la gráfica de ruido de fase con los valores obtenidos con el oscilador *Agilent N9320B* y la gráfica para osciladores de alto factor de calidad.

Texto15: La gráfica de ruido de fase obtenida utilizando el oscilador *Agilent N9320B* es similar a la gráfica para osciladores de alto factor de calidad.

6. FIN.

Imagen16: Se funde el video a negro para finalizar. FIN.

Imagen16: Se funde el video a negro para mostrar los créditos.

1.8 MODULACIÓN FM.

Para la composición de este video tutorial, se ha comenzado diseñando un guion en el que se han establecido los temas a tratar, las imágenes que han de aparecer, así como las diferentes tomas de grabación acerca de cómo medir una modulación en FM.

A la hora de crear el tutorial de “Modulación FM” es preciso comenzar explicando qué es una Modulación FM. Para ello, es necesario remontarse a explicar qué es el espectro electro-magnético.

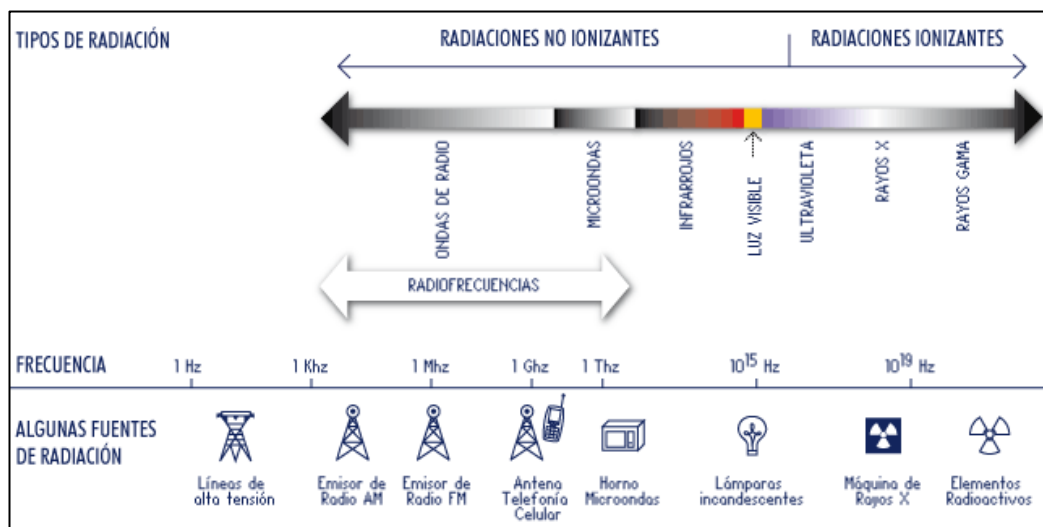


Fig. 41: Espectro electromagnético.

El espectro electro-magnético es el conjunto de ondas electro-magnéticas que existen en la naturaleza. Se pueden diferenciar:

- Ondas de Radio.
- Microondas.
- Infrarrojos.
- Luz visible.
- Ultravioleta.
- Rayos X.
- Y rayos Gamma.

Centrándose en Radiofrecuencia, para transmitir información a través de un medio de comunicación, se codifica la señal que tiene la información (señal moduladora) en una frecuencia (señal portadora).

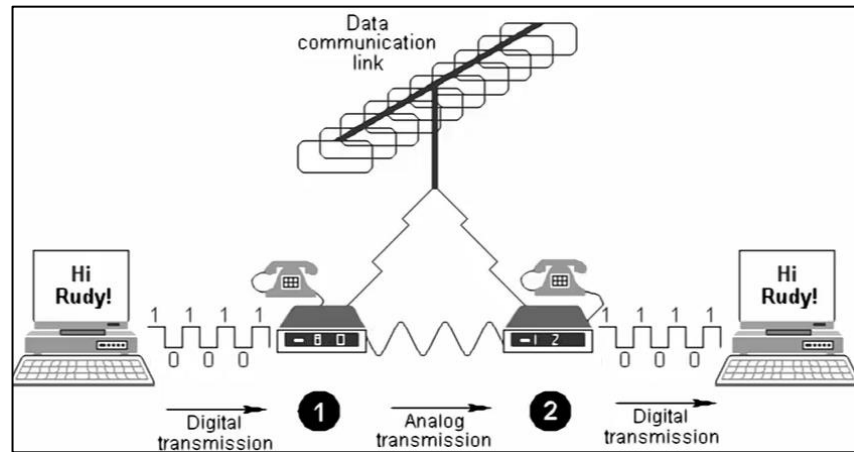


Fig. 42: Sistema de comunicaciones.

Existen dos tipos de modulación: modulación analógica y modulación digital. La primera se realiza a partir de señales analógicas, como la voz humana. La segunda se realiza con señales provenientes de un ordenador, por ejemplo. Entre las modulaciones analógicas se pueden diferenciar: AM, FM y PM. Por su lado, las modulaciones digitales son: ASK, FSK, PSK y QAM.

- **Modulación AM:** es una modulación que consiste en variar la amplitud de la señal portadora de acuerdo con las variaciones de la señal moduladora. Dentro de esta modulación se encuentran la Doble Banda Lateral, Banda Lateral Única y Banda Lateral Vestigial.

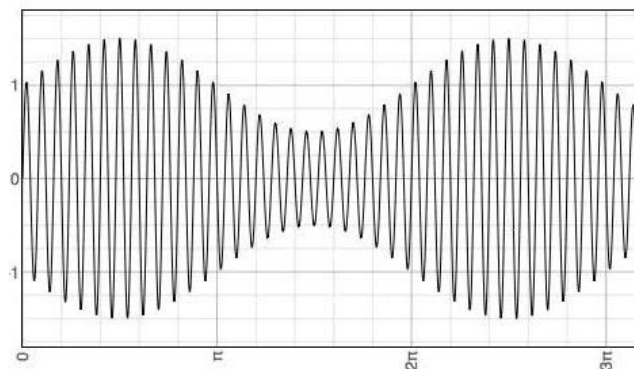


Fig. 43: Señal modulada en AM.

- **Modulación FM:** es una modulación que consiste en variar la frecuencia de la señal portadora de acuerdo con las variaciones de la señal moduladora.

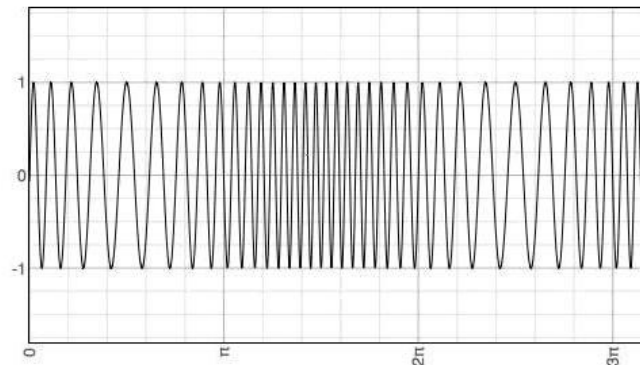


Fig. 44: Señal modulada en FM.

- **Modulación PM:** es una modulación que consiste en variar la fase de la señal portadora de acuerdo con las variaciones de la señal moduladora.

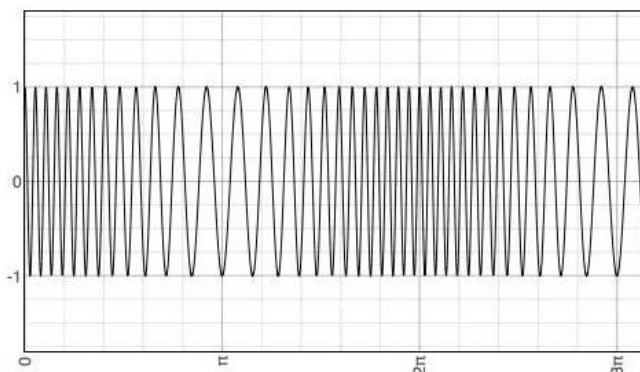


Fig. 45: Señal modulada en PM.

- **Modulación ASK** (Amplitude Shift Keying): En la modulación ASK la información va en la amplitud de la portadora, como en AM.
- **Modulación FSK** (Frequency Shift Keying): En la modulación FSK la información se transmite en la frecuencia de la portadora, igual que en la modulación FM. El receptor conoce el bit transmitido midiendo en cada tiempo de bit la frecuencia recibida.
- **Modulación PSK** (Phase Shift Keying): La información viaja en la fase de la señal. El receptor sabe qué bit le ha llegado midiendo la fase de la portadora que llega. En función del número de fases diferentes que se pueda utilizar se obtendrán diferentes modulaciones: BPSK (dos fases, 0 y 180°), QPSK (cuatro fases, 0°, 90°, 180° y 270°), etc.

- **Modulación QAM** (Quadrature Amplitud Modulation). En esta modulación la información viaja tanto en la amplitud como en la fase de la señal. Hay diferentes tipos, en función del número de posibles señales que conforman la modulación: 4-QAM, con 4 posibles señales, 16-QAM con 16 posibles señales, etc.

A continuación, se procede a centrarse en la modulación FM, en la cual si la codificación de la información se realiza modificando la frecuencia de la señal portadora, a partir de variaciones de la amplitud de la señal moduladora, se denomina “Modulación de FM”.

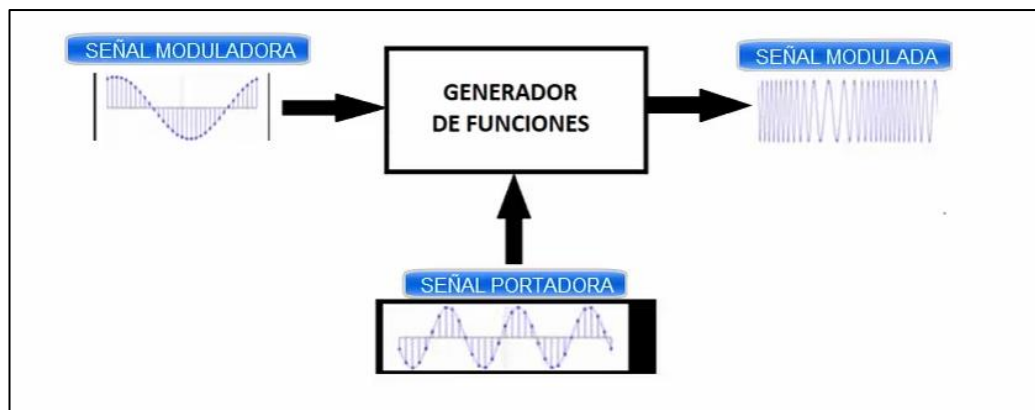


Fig. 46: Señales para modulación FM.

La principal finalidad por la cual se modula una señal es que al tratarse de señales de baja frecuencia, como por ejemplo, señales de voz, las antenas deberían de ser de dimensiones del orden de kilómetros. De esta manera, al aumentar la frecuencia, se consiguen tamaños de antena pequeños.

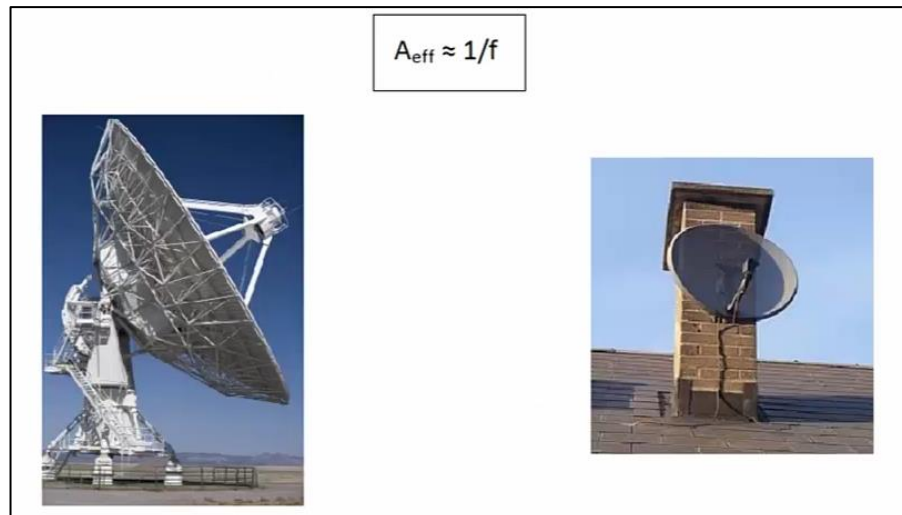


Fig. 47: Antenas de telecomunicaciones.

Otro uso que se le ha dado es la multiplexación de varias señales utilizando diferentes frecuencias de portadora, consiguiendo así un uso más eficiente del espectro radioeléctrico o ancho de banda.

Cuando la señal moduladora es creciente, la variación de frecuencia de la señal modulada es alta. Alternativamente, cuando la señal moduladora es decreciente, la variación de frecuencia de la señal modulada es baja. Como dato informativo, en España se utiliza el rango de frecuencias entre 87.5MHz y 108MHz, donde la amplitud de la AF varía la frecuencia de la RF.

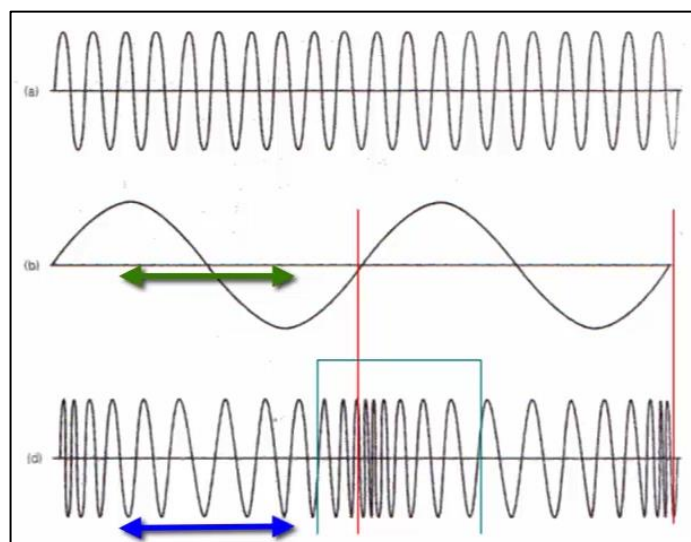


Fig. 48: Señales en el dominio del tiempo.

Una señal modulada en FM se puede medir de dos maneras: en el dominio del tiempo, y en el dominio de la frecuencia.

1.8.1 MEDIDA EN EL DOMINIO DEL TIEMPO.

Para realizar las medidas en el dominio del tiempo se necesitan los siguientes elementos:

- Generador de funciones.



Fig. 49: Conexión en generador de funciones.

- Osciloscopio.

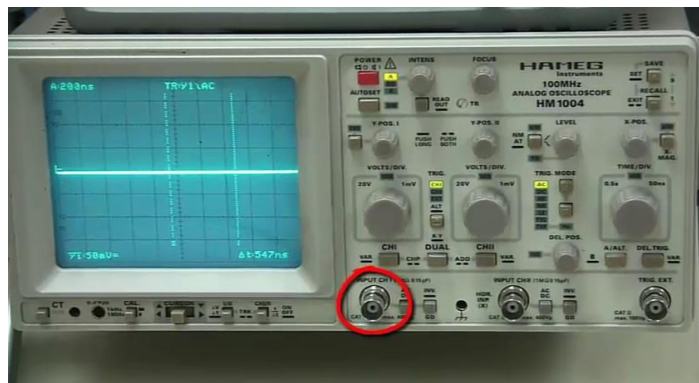


Fig. 50: Conexión en el osciloscopio.

- Generador de señal.

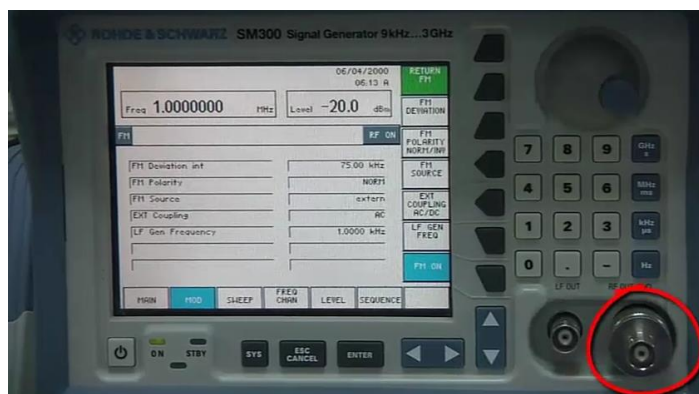


Fig. 51: Conexión en generador de señales.

- Dos sondas BNC.

Para obtener una señal modulada en FM hay que realizar un montaje específico entre estos tres dispositivos. La salida del generador de funciones se conecta con una de las sondas BNC a la entrada externa, en la parte posterior, del generador de señal. La salida del generador de señal se conecta con otra sonda BNC a la entrada del osciloscopio.

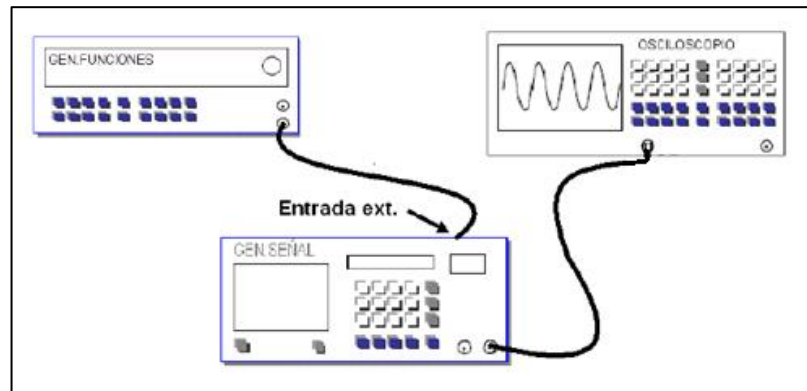


Fig. 52: Montaje Modulación FM.

Una vez realizado el montaje, se procede a introducir los valores de señal moduladora y de señal portadora. Los valores de señal moduladora se introducen en el generador de funciones y los valores de señal portadora en el generador de señal. En consecuencia, se observa la señal modulada en FM en la pantalla del osciloscopio.

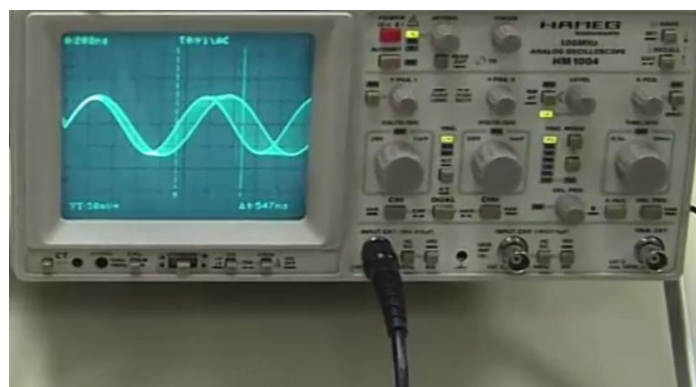


Fig. 53: AUTOSET en osciloscopio.

1.8.2 DESVIACIÓN DE FRECUENCIA.

Cabe destacar un dato significativo en esta modulación, la desviación de frecuencia. La desviación en frecuencia es el máximo cambio de frecuencia que puede experimentar

la frecuencia de la señal portadora. A la variación total de frecuencia desde la más baja hasta la más alta, se la conoce como “excursión de portadora”.

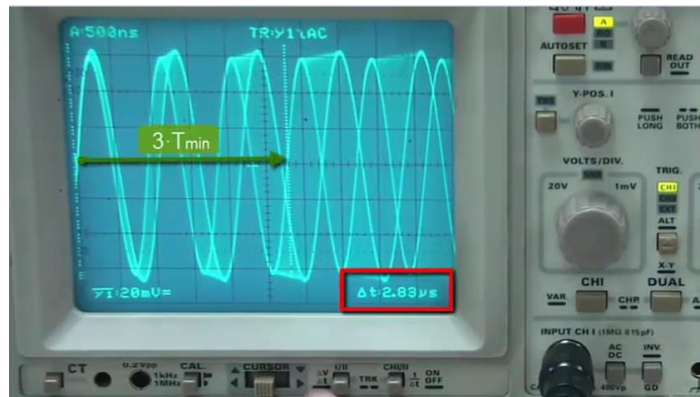


Fig. 54: Medida de la desviación de frecuencia.

Para medir este valor, se coloca un marcador en la pantalla del osciloscopio donde la señal modulada se corta con el eje de referencia, cuando la excursión de portadora es mínima, y otro marcador donde la señal modulada se corta con el eje de referencia, cuando la excursión de portadora es máxima.

$$\begin{aligned}
 3 \cdot T_{min} &= 2,83 \mu s \rightarrow T_{min} = 0,943 \mu s \\
 3 \cdot T_{max} &= 3,29 \mu s \rightarrow T_{max} = 1,093 \mu s \\
 f_{min} &= \frac{1}{T_{max}} = 0,915 \text{ MHz} \\
 f_{max} &= \frac{1}{T_{min}} = 1,060 \text{ MHz} \\
 \left. \begin{aligned} f_{min} &= f_c - \Delta f \\ f_{max} &= f_c + \Delta f \end{aligned} \right\} f_c &= \frac{f_{max} + f_{min}}{2} \approx 1 \text{ MHz} \\
 \Delta f &= f_c - f_{min} = 72,5 \text{ kHz}
 \end{aligned}$$

Fig. 55: Fórmulas para la desviación de frecuencia.

Por último, cabe destacar que, al variar la frecuencia moduladora, varía la señal en el osciloscopio tal y como se observa en el vídeo.

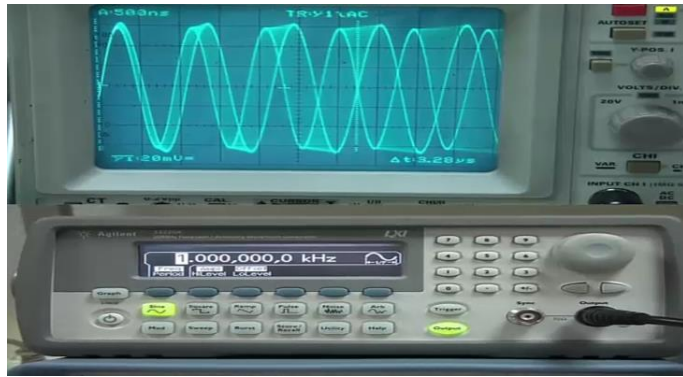


Fig. 56: Variación de frecuencia moduladora.

1.8.3 MEDIDAS EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA.

Para realizar las medidas en el dominio de la frecuencia se necesitan los siguientes elementos:

- Generador de funciones.



Fig. 57: Conexión del generador de funciones.

- Generador de señal.

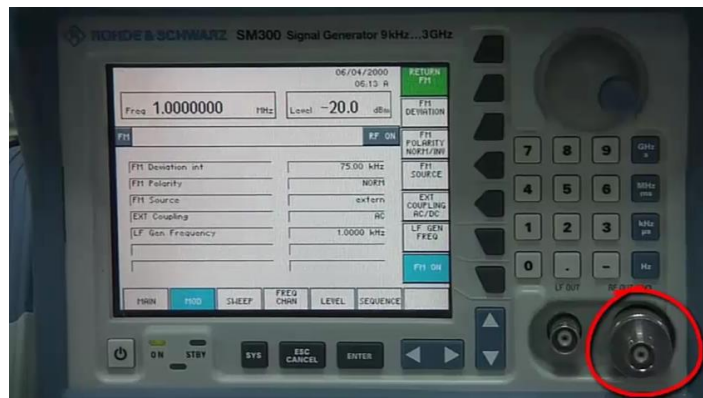


Fig. 58: Conexión en el generador de señales.

- Analizador de espectros.



Fig. 59: Conexión en el analizador de espectros.

- Dos sondas BNC.

Para obtener la señal modulada en FM hay que realizar un montaje específico, al igual que en la medida en el dominio del tiempo, entre estos tres dispositivos. La salida del generador de funciones se conecta con una de las sondas BNC a la entrada externa, en la parte posterior, del generador de señal. La salida del generador de señal se conecta con otra sonda BNC a la entrada del analizador de espectros.

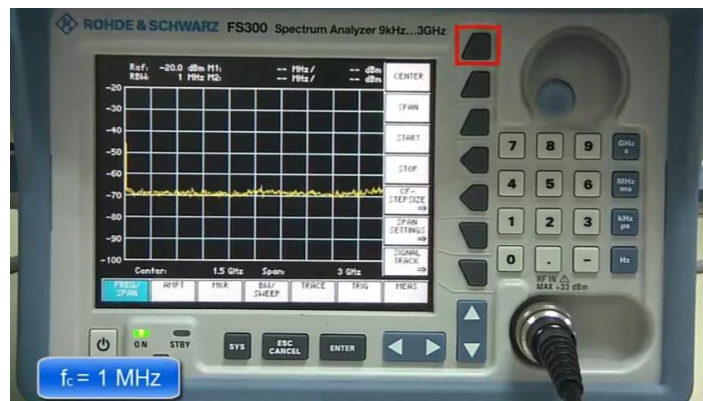


Fig. 60: Introducción de parámetros en el analizador de espectros.

Realizado el montaje, se introducen los valores de señal moduladora y de señal portadora. Los valores de señal moduladora se introducen en el generador de funciones y los valores de señal portadora en el generador de señal. En consecuencia, se observa la señal modulada en FM en la pantalla del analizador de espectros.

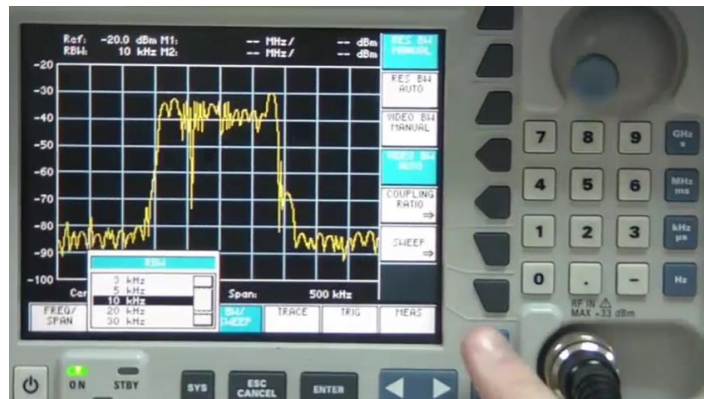


Fig. 61: Señal modulada en el analizador de espectros.

De la misma manera que en la medida en el dominio del tiempo, la desviación de frecuencia es destacable resaltarla. Para obtener la desviación de frecuencia se comienza calculando el ancho de Banda de Carson de la señal modulada y, a continuación, junto con la frecuencia moduladora, se obtiene la desviación de frecuencia.

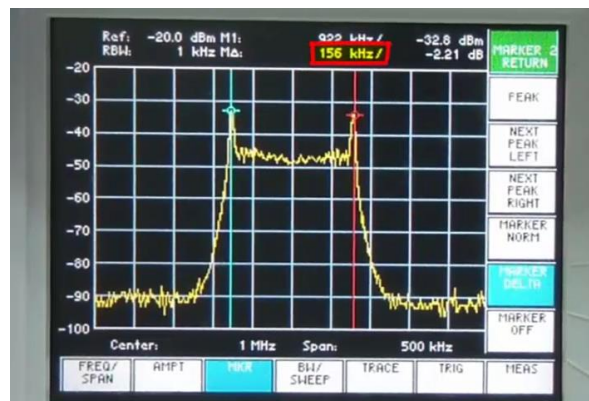


Fig. 62: Ancho de banda de Carson en el analizador de espectros.

El ancho de Banda de Carson define que el 98% de la potencia de una señal se encuentra en un intervalo de frecuencias dado por:

$$BW = 2 \cdot (f_m + \Delta f)$$

La regla de Carson [7] sólo es aplicable a señales que no tienen discontinuidades.

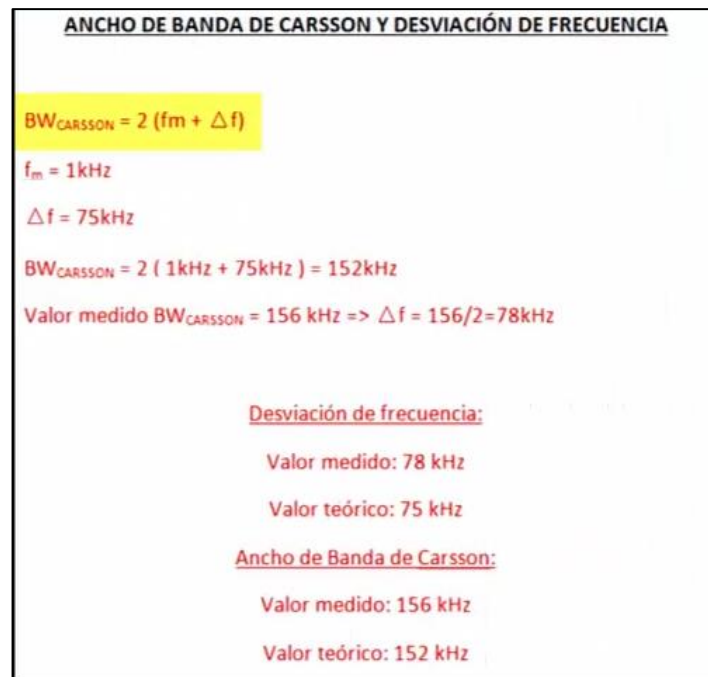


Fig. 63: Fórmulas para el ancho de banda de Carson.

Por último, al igual que en el dominio del tiempo, modificando la frecuencia moduladora en el generador de funciones, modificamos el índice de modulación, con el cuál varía la señal como se observa en el tutorial.

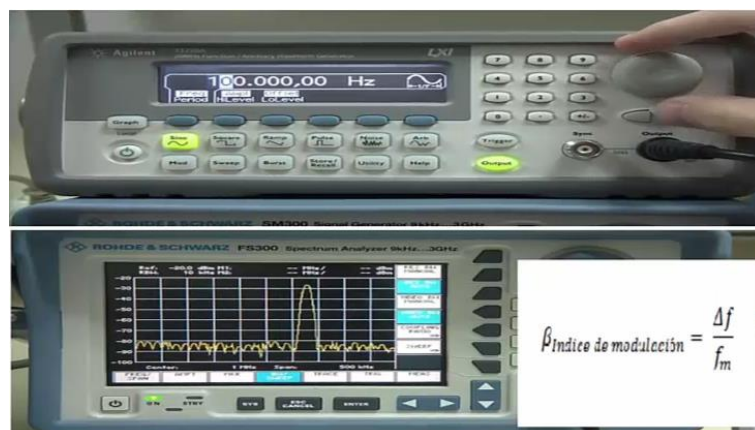


Fig. 64: Variación del índice de modulación.

Cabe destacar, que una de las aplicaciones más utilizadas de modulación en FM es la radiodifusión comercial. Una emisora modula su información en FM y, con un receptor de FM, se decodifica esta señal. En España se utiliza el rango de frecuencias entre 87.5MHz y 108MHz.

1.8.4 ÍNDICE DE MODULACIÓN.

Puede observarse que con FM el índice de modulación es una relación sin unidad y se utiliza sólo para describir la profundidad de la modulación lograda para una señal modulada en amplitud y frecuencia.

Con FM es común mostrar el índice de modulación como simplemente la relación de la desviación pico de frecuencia dividida entre la frecuencia de la señal modulante frecuencia dada.

En el análisis del espectro de la señal modulada en FM, se puede observar el efecto que produce variar el índice de modulación. Para variar el índice de modulación β ha de modificarse bien la frecuencia de moduladora, o bien la desviación relativa, ya que este se obtiene de la siguiente relación:

$$\beta = \frac{\Delta f}{f_m}$$

1.8.5 FUNCIÓN DE BESSEL.

A partir de las funciones de *Bessel*, se puede modificar la frecuencia moduladora y con esta, encontrar el primer nulo de la señal modulada y, tras esto, las dos primeras bandas laterales.

$$\beta = \frac{\Delta f}{f_m} \Rightarrow f_m = \frac{\Delta f}{\beta}$$

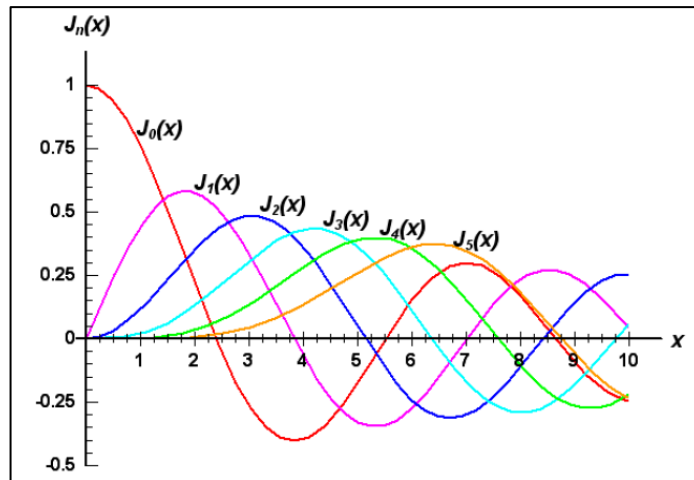


Fig. 65: Funciones de Bessel.

A partir de aquí, se escoge el valor de corte con el eje de abscisas de cada función, y se sustituye en la fórmula como índice de modulación. La frecuencia moduladora que se obtiene se introduce en el generador de funciones y se puede observar cómo aparecen los nulos en la señal modulada.

1.8.6 ANEXO. GUION MODULACIÓN FM.

1. Título: “Modulación FM”.

Imagen1: Comienza el vídeo con el título.

Texto1: Modulación FM.

2. Espectro electro-magnético.

Imagen2: Aparece una imagen en la que se puede observar el espectro electromagnético.

Texto2: El espectro electro-magnético está dividido en varias bandas de frecuencias: Ondas de Radio, Microondas, Infrarrojos, Luz visible, luz ultravioleta, Rayos X y Rayos Gamma.

Imagen3: Se observa los diferentes dispositivos que alberga un medio de telecomunicación.

3. Radiofrecuencia.

Texto3: Centrándonos en Radiofrecuencia, para transmitir información a través de un medio de telecomunicación, se codifica la señal que tiene la información (señal moduladora) en una frecuencia (señal portadora). Obteniendo la señal modulada en FM.

Imagen4: Se observan las tres señales junto al generador de funciones: portadora, moduladora y modulada.

Texto4: Si la codificación se realiza modificando la frecuencia de la señal portadora a partir de variaciones de la amplitud de la señal moduladora, se denomina “Modulación en FM”.

4. Modulación FM.

Imagen5: Aparece una imagen en la que se pueden apreciar dos antenas, una de gran tamaño y otra pequeña.

Texto5: La principal finalidad por la que se modula una señal es que al tratarse de señales de baja frecuencia, por ejemplo, señales de voz, las antenas deberían ser de dimensiones del orden de kilómetros. De esta manera, al aumentar la frecuencia, se consiguen tamaños de antena pequeños.

Imagen6: Aparece una imagen de una señal sinusoidal indicando que, al variar la amplitud de la señal moduladora, cambia la señal modulada.

Texto6: Cuando la señal moduladora es creciente, la variación de frecuencia de la señal modulada es alta. Alternativamente, cuando la señal moduladora es decreciente, la variación de frecuencia de la señal modulada es baja. Como dato informativo, en España se utiliza el rango de frecuencias entre 87.5MHz y 108MHz.

5. Medida de la Modulación FM en el dominio del tiempo.

Imagen7: Grabación de cómo hay que realizar la interconexión de los tres equipos: osciloscopio, generador de funciones y generador de señal.

Texto7: Para realizar la medida en el dominio del tiempo es necesario disponer de un osciloscopio: para obtener la representación temporal de la señal modulada en FM; un generador de señal para la señal portadora y un generador de funciones para la señal moduladora. La señal moduladora la conectaremos a la correspondiente entrada externa del generador de señal, y el generador de señal se conectará su salida de 50Ω a la entrada del osciloscopio.

Imagen8: Se observa un plano abierto del montaje de los tres equipos.

Texto8: Una vez montado, se procede a introducir los valores de las señales en los generadores y a obtener la señal modulada en el osciloscopio.

Imagen9: Grabación de cómo se introducen los valores en el generador de funciones.

Texto9: En el generador de funciones, en este caso, se introducen los valores observados en la imagen: 1KHz y $1.5V_{pp}$, y se marcará el botón “Output”.

Imagen10: Grabación de cómo se introducen los valores en el generador de señal.

Texto10: En el generador de señal, se introduce, en este caso, 1MHz de frecuencia y un nivel de referencia de -20dBm. Se activa “RF ON” y se introduce un valor de desviación de frecuencia de 75KHz. Por último, se selecciona una fuente externa de señal y se activa “FM ON”.

Imagen11: Se observa cómo aparece la señal en el osciloscopio.

Texto11: Para ver la señal en el osciloscopio se pulsa el botón “AUTOSET”.

6. Desviación de frecuencia.

Imagen12: Se observa cómo marca la desviación de frecuencia en la señal del osciloscopio.

Texto12: La desviación de frecuencia es el máximo cambio de frecuencia que puede experimentar la frecuencia de la señal portadora. A la variación total de frecuencia desde la más baja hasta la más alta, se la conoce como “excursión de portadora”.

Imagen13: Grabación de cómo se mide la desviación de frecuencia en el osciloscopio.

Texto13: Para medirla se coloca un “marcador” donde la señal corta al eje horizontal cuando la excursión de portadora es mínima y otro “marcador” donde la señal corta al eje horizontal cuando la excursión de portadora es máxima.

Imagen14: Aparece una imagen con las fórmulas y cuentas necesarias para resolver el valor de la desviación de frecuencia.

Texto14: Con los datos que se obtienen en las medidas de la desviación de frecuencia anteriores, se obtiene un valor de desviación de frecuencia semejante al que se ha introducido en el generador de señal.

Imagen15: Grabación en la que se aprecia el cambio de la señal modulada según se va variando la señal moduladora. En esta ocasión aparecen las grabaciones simultáneamente.

Texto15: Por último, cabe destacar que, al variar la frecuencia moduladora, varía la señal en el osciloscopio tal y como se observa en la imagen.

7. Medida de la Modulación FM en el dominio de la frecuencia.

Imagen16: Se observa un plano abierto de los tres equipos: analizador de espectros, generador de funciones y generador de señal.

Texto16: Para la medida en el dominio de la frecuencia es necesario disponer de un analizador de espectros: para obtener la representación temporal de la señal modulada en FM; un generador de señal para la señal portadora y un generador de funciones para la señal moduladora.

Imagen17: Grabación de cómo se realiza la interconexión de los tres equipos.

Texto17: La conexión de los equipos será igual que en el caso de la medida en el dominio del tiempo, sustituyendo la conexión entre el generador de señal y el osciloscopio por la conexión entre el generador de señal y el analizador de espectros.

Imagen18: Grabación de cómo se configura el analizador de espectros para observar la señal modulada.

Texto18: A continuación, para observar la señal en el analizador, en este caso, se introducen los valores observados en la imagen. Previamente, en el generador de señal y en el generador de funciones, se habrán introducido los mismos valores que en el caso anterior.

Imagen19: Se observa cómo se varía el ancho de banda de vídeo para mejorar la resolución.

Texto19: Para observar mejor la señal en el analizador de espectros, se puede modificar la resolución variando el ancho de banda de vídeo.

8. Ancho de banda de Carson.

Imagen20: Grabación de cómo se obtiene el ancho de banda de Carson.

Texto20: Para calcular la desviación de frecuencia, se debe medir el ancho de banda de Carson. Para ello, se colocan dos marcadores en cada pico de la señal. El valor obtenido es el valor del ancho de banda de Carson.

Imagen21: Imagen en la que aparecen las fórmulas del ancho de banda de Carson y la desviación de frecuencia.

Texto21: Este ancho de banda de Carson se obtiene teóricamente con los valores de desviación de frecuencia y de frecuencia moduladora, introducidos anteriormente. Como se observa en la imagen, los valores teórico y práctico son similares.

Imagen22: Aparecen dos grabaciones simultáneas en las que, modificando la señal moduladora, se ve cómo varía la señal modulada.

Texto22: Modificando la frecuencia moduladora en el generador de funciones, modificamos el índice de modulación, con el cuál varía la señal como se observa en la imagen.

9. Aplicaciones de Modulación FM.

Imagen23: Sucesión de imágenes explicando la principal aplicación de la modulación FM.

Texto23: Por último, cabe destacar que una de las aplicaciones más utilizadas de modulación en FM es la radiodifusión comercial. Una emisora modula su información en FM y, con un receptor de FM, se decodifica esta señal.

10. FIN.

Imagen24: Se funde el video a negro para finalizar. FIN.

Imagen25: Se funde el video a negro para mostrar los créditos.

1.9 ANALIZADOR DE REDES.

Para la composición del tutorial “Analizador de redes”, se ha comenzado explicando qué es un analizador de redes y para qué sirve a partir del guion correspondiente, en el que, al igual que en los demás tutoriales, se han establecido los tiempos de aparición de las imágenes, las narraciones, la música y las diferentes tomas de grabación.



Fig. 66: Analizador de redes Agilent E5061A.

Un analizador de redes es un equipo que mide las características de transmisión y reflexión de dispositivos y redes, aplicando un barrido en frecuencia de una señal conocida y determinando las respuestas del dispositivo a analizar a través de los parámetros *Scattering*. Representa las características de respuesta en frecuencia con un diagrama de Bode, carta de Smith o diagrama polar. Los analizadores de redes son frecuentemente utilizados en rangos desde unos pocos kHz hasta cientos de GHz de frecuencia.

Existen varios tipos de Analizadores de Redes que cubren rangos más bajos de frecuencias de hasta 1 Hz, pudiendo ser utilizados también para el análisis de estabilidad de lazos abiertos o para la medición de audio y componentes ultrasónicos. Hay dos principales tipos de Analizadores de Redes:

- a. *SNA (SCALAR NETWORK ANALYZER)*.- Es un Analizador de Redes Escalar, que sirve solamente para medir el módulo de la respuesta del dispositivo.
- b. *VNA (VECTOR NETWORK ANALYZER)*.- Es un Analizador de Redes Vectoriales, y sirve tanto para medir el módulo como la fase de la respuesta del dispositivo.

1.9.1 PARÁMETROS SCATTERING.

Debido a que se trabaja a altas frecuencias en circuitos complejos difíciles de alcanzar circuitos abiertos o cortocircuitos, no es posible trabajar con parámetros H , Y o Z .

$$\begin{aligned} \text{Parámetros "H"} & \begin{cases} V_1 = h_{11} \cdot I_1 + h_{12} \cdot V_2 \\ I_2 = h_{21} \cdot I_1 + h_{22} \cdot V_2 \end{cases} \\ \text{Parámetros "Y"} & \begin{cases} I_1 = Y_{11} \cdot V_1 + Y_{12} \cdot V_2 \\ I_2 = Y_{21} \cdot V_1 + Y_{22} \cdot V_2 \end{cases} \\ \text{Parámetros "Z"} & \begin{cases} V_1 = Z_{11} \cdot I_1 + Z_{12} \cdot I_2 \\ V_2 = Z_{21} \cdot I_1 + Z_{22} \cdot I_2 \end{cases} \end{aligned}$$

Fig. 67: Parámetros H, Y, Z.

Es entonces cuando aparecen los parámetros S [8]. Los parámetros *Scattering* se definen a partir de ondas de potencia [9] (incidente y reflejada) de los puertos del dispositivo bajo ensayo.

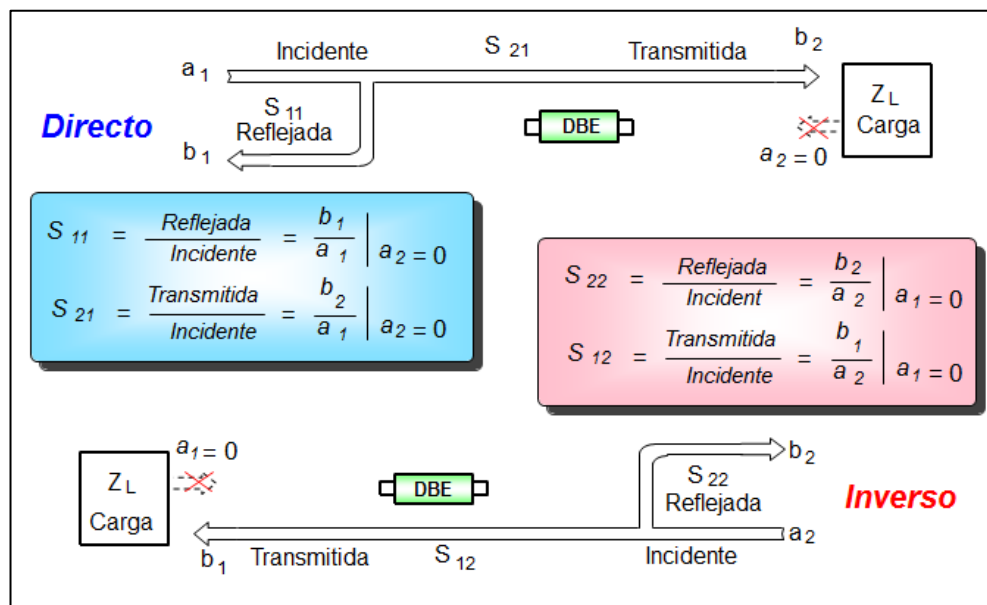


Fig. 68: Ecuaciones de Parámetros S.

Estas ondas de potencia son versiones normalizadas de las ondas viajeras. Las ondas de potencia incidente se denominan con la letra 'a' y las ondas de potencia reflejada se designan bajo la letra 'b'.

$$a_1 = \frac{E_{i1}}{\sqrt{Z_0}} ; a_2 = \frac{E_{i2}}{\sqrt{Z_0}} ; b_1 = \frac{E_{r1}}{\sqrt{Z_0}} ; b_2 = \frac{E_{r2}}{\sqrt{Z_0}}$$

Estos parámetros *Scattering* se definen como el nivel de señal que llega a un determinado puerto procedente desde cualquier otro. Para un dispositivo bajo ensayo con dos puertos (entrada [1] - salida [2]) se definen los siguientes parámetros S:



Fig. 69: Ondas de potencia en un cuadripolo.

$S_{11} = b_1/a_1$. Coeficiente de reflexión en el puerto 1 por desadaptación de impedancias cuando el puerto de salida está cargado con la impedancia característica de la línea.

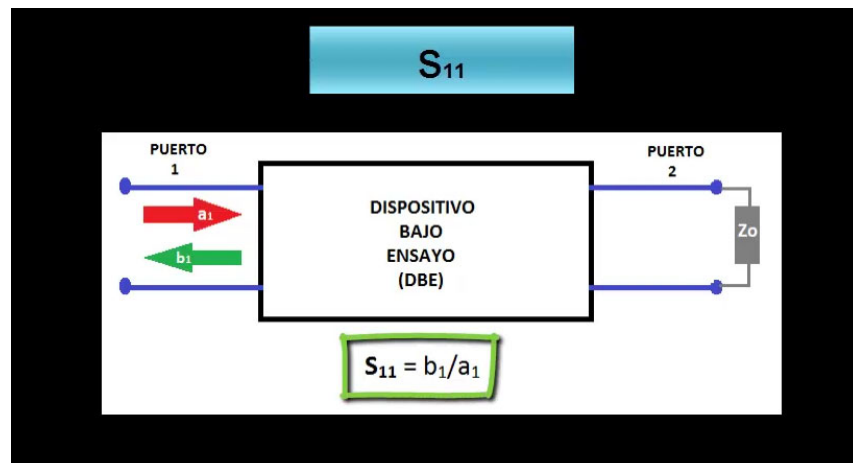


Fig. 70: Parámetro S_{11} .

$S_{12} = a_1/b_2$. Ganancia inversa del circuito desde el puerto 2 hasta el puerto 1 cuando la entrada se encuentra cargada.

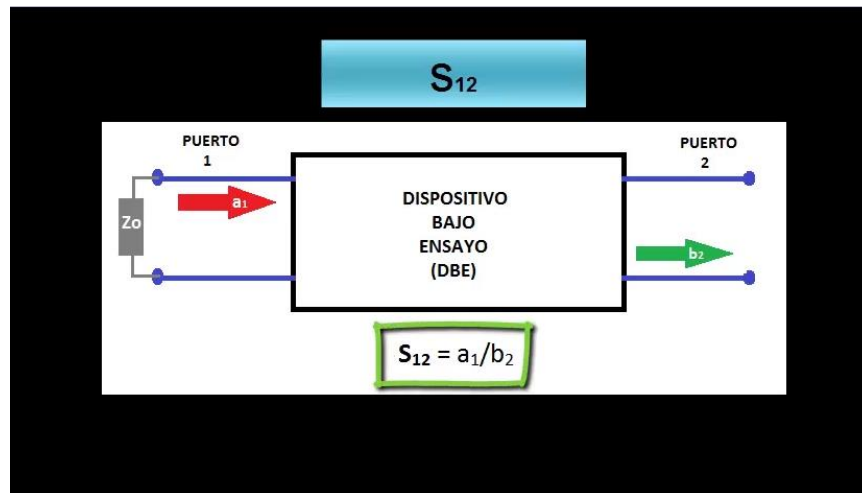


Fig. 71: Parámetro S_{12} .

$S_{21} = b_2/a_1$. Ganancia directa del circuito desde el puerto 1 hasta el puerto 2 cuando la salida se encuentra cargada.

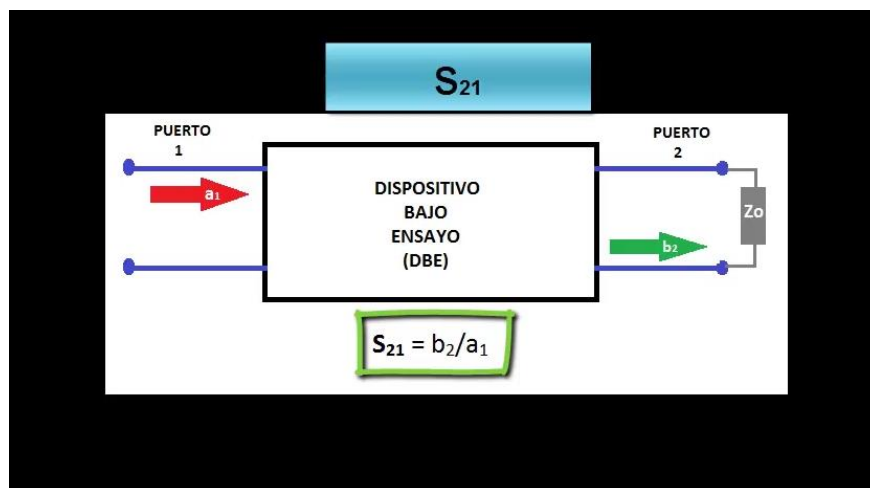


Fig. 72: Parámetro S_{21} .

$S_{22} = b_2/a_2$. Coeficiente de reflexión en el puerto 2 por desadaptación de impedancias cuando el puerto de entrada está cargado con la impedancia característica.

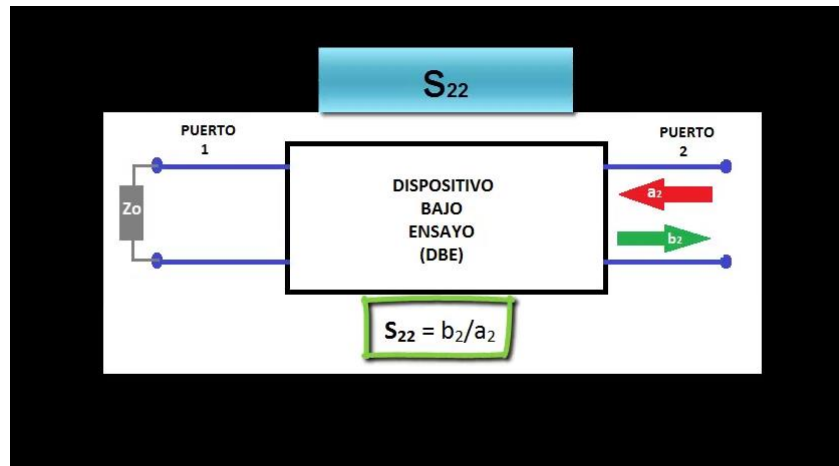


Fig. 73: Parámetro S_{22} .

1.9.2 DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN ANALIZADOR DE REDES.

Para explicar las operaciones que realiza un analizador de redes es necesario explicar el diagrama de bloques [10] que lo hace funcionar. Este diagrama de bloques consta de cuatro bloques claramente diferenciados:

- Generador de señal.
- Acopladores diferenciales o separadores de señal.
- Receptor.
- Procesador.

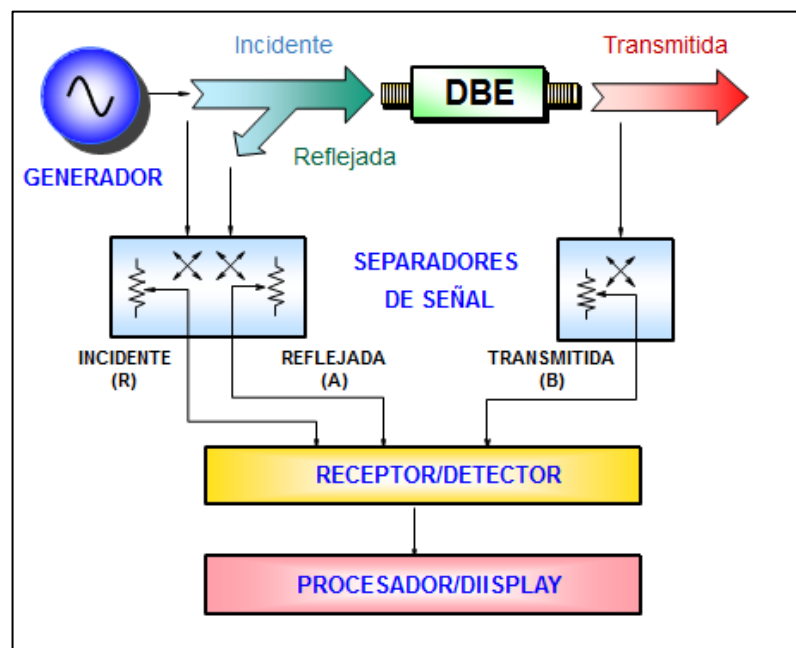


Fig. 74: Diagrama de bloques de un analizador de redes.

El generador de señal es un dispositivo sintetizado de barrido, controlado por un oscilador de cristal de alta precisión. El generador transmite la señal al dispositivo bajo ensayo. Esta señal a través de los separadores de señal se divide en onda incidente, transmitida o reflejada. Esta separación de la señal se realiza gracias a los acopladores direccionales. Cabe destacar que en algunos analizadores de redes, los separadores de señal contienen un conmutador de RF controlado por el analizador de redes, que permite entrar la señal al dispositivo bajo prueba, por el puerto 1, o por el puerto 2, para hacer las medidas inversas sin cambiar las conexiones del dispositivo a probar. Asimismo existe un "atenuador" dentro de los separadores de señal para ajustar el nivel de potencia incidente en la entrada de referencia R (señal incidente) y en los puertos 1 o 2 dependiendo del parámetro que se mide. A continuación las señales llegan al bloque receptor.

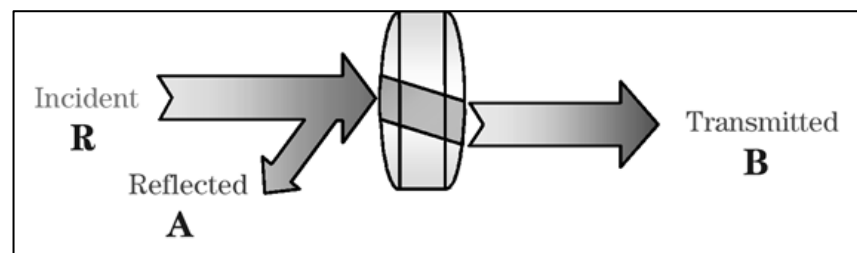


Fig. 75: Ondas incidente, reflejada y transmitida.

El bloque receptor contiene tres "muestreadores" y tres "mezcladores" idénticos, uno para cada una de las entradas A (señal reflejada), B (señal transmitida) y R (señal incidente). Las señales se "muestran" para los circuitos de control y se mezclan para producir una frecuencia intermedia.

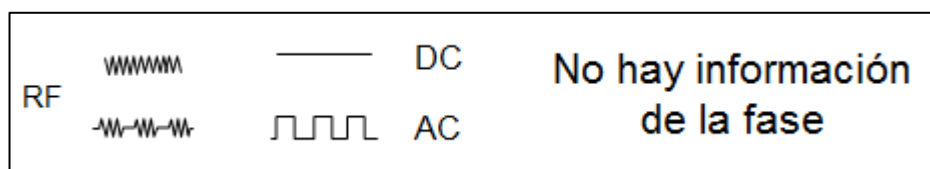


Fig. 76: Análisis escalar de un analizador de redes.

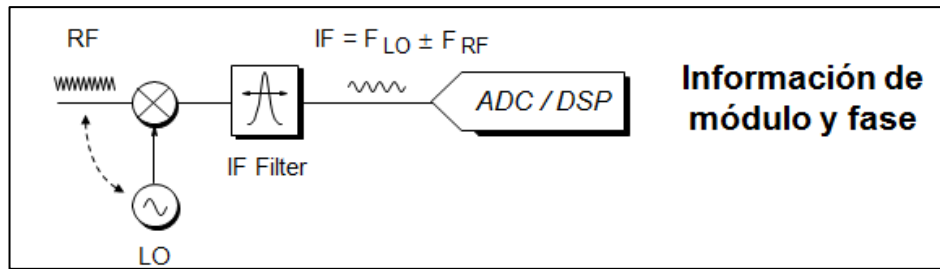


Fig. 77: Análisis vectorial de un analizador de redes.

Por último, El microprocesador toma los datos de entrada y los datos de la calibración y realiza todas las correcciones, obteniendo los datos corregidos mostrándolos en pantalla. También realiza las operaciones de los marcadores, de acuerdo con las instrucciones del panel frontal.

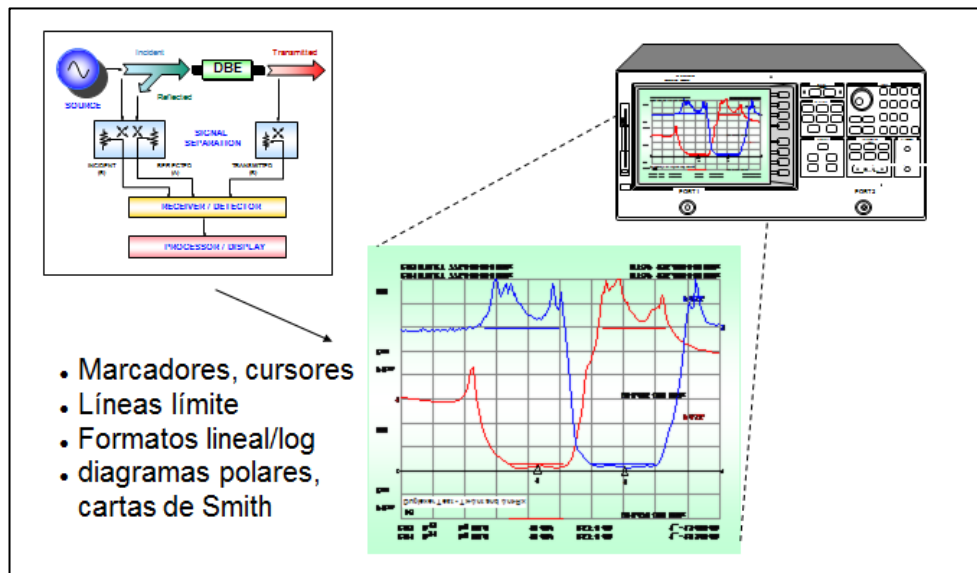


Fig. 78: Display de un analizador de redes.

1.9.3 MENÚ DEL ANALIZADOR DE REDES AGILENT E5061A.

De la interfaz del Analizador de Redes cabe destacar los siguientes bloques [11] de interactividad:

Bloque Activo CH/ Traza: Este bloque sirve para seleccionar canales activos.

- *Channel Next.*- Selecciona el siguiente canal como canal activo, en donde cada vez que se pulsa la tecla eso hace que el canal activo suba de un canal con un número actualmente designado a uno con un número de canal más grande.

Para cambiar la configuración de un canal, se usa esta tecla primero para hacerlo canal activo.



Fig. 79: Bloque activo del Agilent E5061A.

- *Channel Prev.*- Selecciona el canal activo como canal previo, en donde cada vez que se pulsa la tecla hace que el canal activo baje de un canal con un número actualmente designado a uno con un número de canal más pequeño.
- *Trace Next.*- Selecciona la próxima traza como traza activa, en donde cada vez que se pulsa la tecla eso hace que la traza activa suba de una traza con un número actualmente designado a uno con un número de traza más grande.
- *Trace Prev.*- Selecciona la traza previa como traza activa, en donde cada vez que se pulsa la tecla hace que la traza activa baje de una traza con un número actualmente designado a uno con un número de traza más pequeño.

Bloque de Respuesta: Este grupo de teclas muestra diferentes medidas de respuesta.

- *Channel Max.*- Cambia la pantalla de normal a máxima la ventana del canal activo.
- *Meas.*- Muestra el menú de medición al lado derecho de la pantalla, al manipular el menú de medición se puede especificar los parámetros de medición para cada traza.
- *Format.*- Muestra el menú Formato en la parte derecha de la pantalla, al manipular el menú formato se puede especificar el formato de datos para cada traza.



Fig. 80: Bloque de respuesta del Agilent E5061A.

- *Scale*.- Muestra el menú escala a la derecha de la pantalla, el manipular el menú escala permite especificar la escala para mostrar una traza, esto para cada traza, también se puede especificar el retardo eléctrico y la fase de desplazamiento para cada traza.
- *Display*.- Muestra el menú de la Pantalla al lado parte derecha, además la manipulación de esta pantalla permite especificar el número de canales, la matriz de la ventana del canal, el número y el arreglo de las trazas etc.
- *Avg*.- Muestra el menú promedio en la parte derecha de la pantalla, al manipular este menú se puede definir el promedio, alisamiento, y ancho de banda.
- *Cal*.- Muestra el menú de calibración al lado derecho de la pantalla, al manipular el menú permite la calibración y corrección de errores de encendido y apagado y cambiar definiciones para kits de calibración.

Bloque *Stimulus*: este bloque defines algunos valores como fuentes de señal y disparo.

- *Start*.- Muestra la barra de entrada de datos, la cual especifica el valor inicial del rango de barrido en la parte superior de la pantalla.
- *Stop*.- Especifica en valor final del rango de barrido en la parte superior de la pantalla.
- *Center*.- Muestra la barra de entrada de datos, con el fin de especificar el valor central del rango de barrido en la parte superior de la pantalla.



Fig. 81: Bloque Stimulus del Agilent E5061A.

- *Span*.- Muestra la barra de entrada de datos para especificar el valor de calibración del rango de barrido en la parte superior de la pantalla.
- *Sweep Setup*.- Muestra la barra de menú de configuración en la parte derecha de la pantalla, la manipulación de la barra de menú permite especificar el nivel de potencia de la señal, tiempo de barrido, número de puntos, el tipo de barrido, etc.
- *Trigger*.- Muestra el menú de disparo en el lado derecho de la pantalla, el manipular este menú permite especificar modo y fuente de disparo, se puede especificar el modo de disparo para cada canal.

Bloque *Marker/Analysis*: Permite colocar y manejar marcadores y utilizar la función de análisis del analizador.

- *Marker*.- Al manipular el menú se puede activar o desactivar los marcadores y moverlos a los valores de estímulo, se puede colocar hasta 10 marcadores en cada traza.
- *Marker Search*.- La manipulación del menú de marcadores permite mover un marcador hacia un punto específico en una traza.



Fig. 82: Bloque Marker/Analysis del Agilent E5061A.

- *Marker Fctn.*- Manipular el marcador de la función del menú le permite no solo especificar el rango del marcador de barrido y el acoplamiento de los marcadores en un canal, sino que también permite mostrar las estadísticas de datos de huellas.
- *Analysis.*- Manipular el menú de *analysis* le permite utilizar la función de análisis llamada simulador de accesorio.

Bloque Instr State: Este bloque permite almacenar datos e imágenes del analizador así como reiniciarlo, entre otras funciones.

- *Macro Setup.*- Muestra el menú macro de configuración, y al manipularlo se puede poner en marcha el editor de VBA, crear, llamar o almacenar un proyecto VBA.
- *Macro Run.*- Ejecuta un procedimiento de VBA llamado "Principal", el cual tiene un módulo VBA llamado Modulo 1.
- *Macro Break.*- Detiene el procedimiento VBA que haya sido ejecutado.



Fig. 83: Bloque Instr State del Agilent E5061A.

- *Save/Recall.*- Es mostrado en la parte derecha de la pantalla, al manipular el menú le permite almacenar las condiciones de configuración o leer desde los dispositivos de almacenamiento, datos de calibración, y seguimiento de los datos del analizador.
- *Capture/System.*- Almacena temporalmente los datos de la imagen que aparece en la pantalla LCD en el momento en que se pulsa en la memoria interna. La manipulación de este menú permite definir la configuración límite de prueba y luego ejecutarlo o definir la configuración para el control manejo del analizador.
- *Preset.*- Al dar un clic en el menú preset, permite devolver al analizador el estado de configuración inicial, llamada configuración preestablecida.

Bloque Navegación: Las teclas y la rueda en el bloque de navegación, se utilizan para moverse entre los menús, así como para cambiar un valor numérico en la entrada de datos.



Fig. 84: Bloque de Navegación del Agilent E5061A.

Bloque de Entrada: Se utiliza para cambiar principalmente valores numéricos de las mediciones.



Fig. 85: Bloque de Entrada del Agilent E5061A.

Puerto USB Frontal: Dos puertos USB (Universal Serial Bus) que se pueden utilizar para conectar al módulo ECal (calibración electrónica), USB, equipo de prueba multipuerto o una impresora.



Fig. 86: Puerto USB Frontal del Agilent E5061A.

Terminal de tierra: Para proporcionarle una conexión a tierra al analizador de redes.

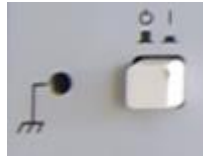


Fig. 87: Terminal de tierra del Agilent E5061A.

1.9.4 ANEXO. GUION ANALIZADOR DE REDES..

1. Título: “ANALIZADOR DE REDES”.

Imagen1: Título con escudos de la universidad, escuela y departamento.

Texto1: Analizador de redes.

2. ¿Qué es un analizador de redes?

Imagen2: Aparecen dos imágenes consecutivas de dos analizadores de redes, uno escalar y otro vectorial y, a continuación, la pantalla del analizador en el formato de Carta de Smith, diagrama de Bode o polar.

Texto2: Un analizador de redes es un equipo que mide las características de transmisión y reflexión de dispositivos y redes a través de los parámetros *Scattering*. Representa las características de respuesta en frecuencia con un diagrama de Bode, carta de Smith o polar.

3. Tipos de analizadores de redes.

Imagen3: Secuencia de imágenes explicando los tipos de analizadores de redes.

Texto3: Hay dos principales tipos de Analizadores de Redes: analizador de redes escalar y analizador de redes vectorial. Con el primero, sólo se puede medir el módulo de la respuesta del dispositivo. Con el segundo, aparte del módulo, también es posible medir la fase de la respuesta del dispositivo.

4. Parámetros S.

Imagen4: Aparece una imagen con las ecuaciones de los parámetros H , Y , y Z . Seguida de otra imagen con la ecuación de los parámetros S .

Texto4: Debido a que se trabaja a altas frecuencias en circuitos complejos en los que es difícil alcanzar circuitos abiertos o cortocircuitos, no es posible trabajar con parámetros H , Y o Z . Es entonces cuando aparecen los parámetros S . Los parámetros *Scattering* se definen a partir de ondas de potencia (incidente y reflejada) de los puertos del dispositivo bajo ensayo.

Imagen5: Aparece un cuadripolo con las ecuaciones de las ondas de potencia.

Texto5: Estas ondas de potencia son versiones normalizadas de las ondas viajeras. Los parámetros *Scattering* se definen como el nivel de señal que llega a un determinado puerto procedente desde cualquier otro. Para un dispositivo con dos puertos se definen los siguientes parámetros S .

Imagen6: Aparece sucesión de imágenes explicando el parámetro S_{11} .

Texto6: S_{11} : Coeficiente de reflexión en el puerto 1 por desadaptación de impedancias cuando el puerto de salida está cargado con la impedancia característica de la línea.

Imagen7: Aparece sucesión de imágenes explicando el parámetro S_{12} .

Texto7: S_{12} : Ganancia inversa del circuito desde el puerto 2 hasta el puerto 1 cuando la entrada se encuentra cargada.

Imagen8: Aparece sucesión de imágenes explicando el parámetro S_{21} .

Texto8: S_{21} : Ganancia directa del circuito desde el puerto 1 hasta el puerto 2 cuando la salida se encuentra cargada.

Imagen9: Aparece sucesión de imágenes explicando el parámetro S_{22} .

Texto8: S_{22} : Coeficiente de reflexión en el puerto 2 por desadaptación de impedancias cuando el puerto de entrada está cargado con la impedancia característica.

5. Diagrama de bloques de un analizador de redes.

Imagen9: Aparece una sucesión de imágenes exponiendo los diferentes diagramas de bloques de un analizador de redes.

Texto9: A continuación se explicará el diagrama de bloques de un analizador de dos puertos. El cual consta de cuatro bloques diferenciados: Generador, separador de señal, receptor y procesador.

Imagen10: Aparece una imagen del diagrama de bloques del analizador de redes, en la que se va haciendo zoom según se van explicando las diferentes partes.

Texto10: El generador transmite la señal al dispositivo bajo ensayo. Esta señal a través de los separadores o también llamados acopladores de señal, se divide en onda incidente, transmitida o reflejada. A continuación las señales llegan al bloque receptor.

Éste contiene tres “muestreadores” y tres “mezcladores” idénticos, uno para cada una de las entradas. Las señales se "muestran" para los circuitos de control y se mezclan para producir una frecuencia intermedia. Por último, el microprocesador toma los datos de entrada y los datos de la calibración y realiza todas las correcciones, obteniendo los datos corregidos mostrándolos en pantalla.

6. Menús del analizador de redes AGILENT E5061A.

Imagen11: Aparece una imagen con el título: “Menús del analizador de redes *Agilent E5061A*”.

Texto11: Menús del analizador de redes *Agilent E5061A*.

Imagen12: Aparece una imagen del analizador de redes en la que se diferencian los distintos bloques de manejo. Se irá haciendo zoom en cada zona según se vaya explicando.

Texto12: En este analizador de redes se pueden encontrar los siguientes bloques:

Bloque Activo: este bloque sirve para seleccionar canales activos; **Bloque de Respuesta:** este grupo de teclas muestra diferentes menús del analizador, tales como: formato, escala, *display*, medida, calibración; **Bloque Stimulus:** este bloque define algunos valores como frecuencia central, span o disparo; **Bloque Marker/Analysis:** permite colocar y manejar marcadores y utilizar la función de análisis del analizador; **Bloque Instr State:** este bloque permite almacenar datos e imágenes del analizador así como reiniciarlo entre otras funciones; **Bloque Navegación:** las teclas y la rueda en el bloque de navegación se utilizan para navegar entre los menús así como para cambiar un valor numérico en la entrada de datos; y, por último, **Bloque de Entrada:** que se utiliza para cambiar valores numéricos de las mediciones.

7. FIN.

Imagen13: Se funde el video a negro para finalizar. FIN.

Imagen14: Se funde el video a negro para mostrar los créditos.

1.10 CALIBRACIÓN DEL ANALIZADOR DE REDES. AGILENT E5061A.

Para realizar el tutorial de la calibración del analizador de redes AGILENT E5061A se ha comenzado creando un guion, en el que se ha especificado las imágenes que han de aparecer, así como las secuencias de vídeo y narración.

El proceso de calibración de un analizador de redes se realiza para que las medidas que se obtengan sean de alta precisión.



Fig. 88: KIT de calibración y Agilent E5061A.

1.10.1 PRESENTACIÓN DEL KIT DE CALIBRACIÓN.

Existen cuatro dispositivos de prueba:

- OPEN: red abierta o circuito abierto.
- SHORT: red en corto circuito o circuito cerrado.
- LOAD: red adaptada o carga de 50 Ohm.
- THRU red conectada.



Fig. 89: KIT de calibración.

Estos dispositivos se van conectando, uno a uno, a los puertos del analizador, para que éste pueda comparar y, de esa manera, establecer la diferencia entre estos cuatro modos. Para el caso de la calibración de dos puertos es necesaria una sonda coaxial para interconectar los puertos.

1.10.2 PROCESO DE CALIBRACIÓN DEL ANALIZADOR DE REDES AGILENT E5061A.

En este caso, se va a utilizar el analizador de redes *AGILENT E5061A*, el cual opera en el rango de frecuencias desde 300KHz hasta 1.5GHz. Para calibrar el equipo se deben seguir los siguientes pasos:



Fig. 90: Analizador de redes Agilent E5061A.

1. En primer lugar, la mejor manera de observar la calibración es en el modo “*CARTA DE SMITH*”. Para ello, se accede al menú “*FORMAT*”, luego se pulsa sobre “*SMITH*” y se elige la opción “*R+jX*”.



Fig. 91: Cambio de formato del display del Agilent E5061A.

2. A continuación, se accede al menú “*CAL*”. En este menú aparecen diferentes *KITs* de calibración definidos para este analizador de redes específico.

3. Se elige la opción *"CALIBRATE"*. Por defecto, aparece un menú para calibrar dos puertos. En esta ocasión se elige la opción *"1-Port"* para calibrar el puerto 1 del analizador de redes. Los dispositivos se irán conectando todos, uno a uno, al puerto 1 del analizador de redes.
4. En primer lugar, se conecta el circuito abierto *"OPEN"* y se presiona la tecla *"OPEN"* para que tome la medida del circuito abierto.

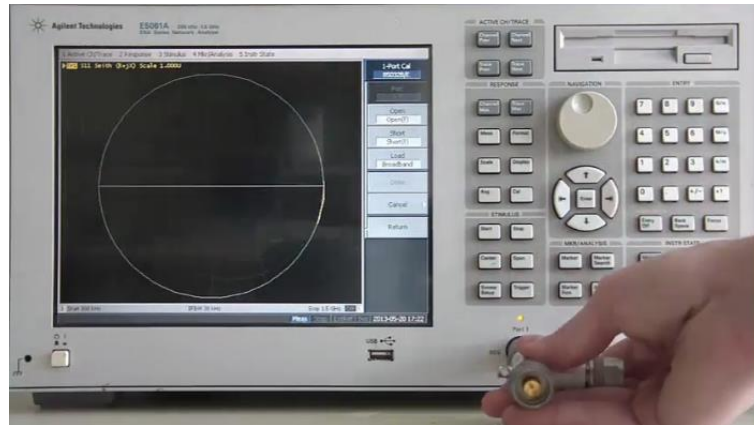


Fig. 92: Conexión de los dispositivos de calibración en el Agilent E5061A.

5. En segundo lugar, se conecta el cortocircuito *"SHORT"* y se presiona la tecla *"SHORT"* para que tome la medida de cortocircuito.
6. En último lugar, se conecta la carga de 50 Ohm *"LOAD"* y se presiona la tecla *"LOAD"* para que tome la medida de carga adaptada.
7. Una vez realizada la calibración se pulsa sobre *"DONE"* y *"RETURN"*.
8. En caso de que se quiera calibrar el segundo puerto, se vuelve a acceder al menú *"CAL"*, y después de pulsar sobre *"CALIBRATE"* se conectan el circuito abierto y se pulsa sobre *"OPEN"*, se conecta cortocircuito y se pulsa sobre *"SHORT"* y, por último, se conecta el coaxial entre el puerto 1 y el 2 y se pulsa *"THRU"*.
9. Para que el analizador trabaje con la calibración realizada es necesario que esté a *"ON"* la opción *"CORRECTION"* en el menú *"CAL"*.

Cabe destacar que, si no se trabaja con un KIT de calibración homologado por la marca del Analizador de Redes, suelen aparecer componentes inductivos y capacitivos cuando se conecta el cortocircuito y circuito abierto, respectivamente.

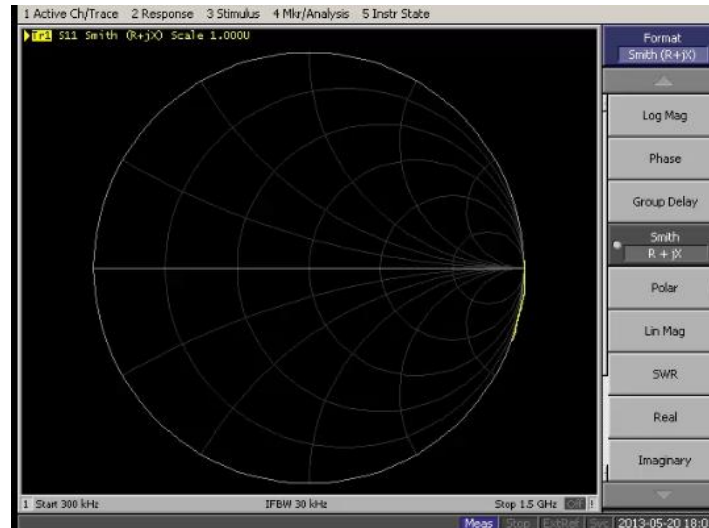


Fig. 93: Componentes capacitivas en el analizador de redes.

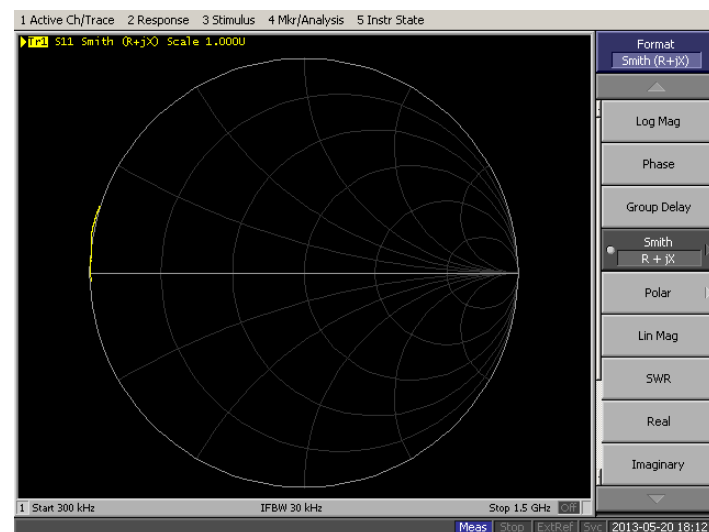


Fig. 94: Componentes inductivas en el analizador de redes.

1.10.3 ANEXO. GUION DE LA CALIBRACIÓN DE UN ANALIZADOR DE ESPECTROS.

1. Título: “CALIBRACIÓN DEL ANALIZADOR DE REDES. AGILENT E5061A”.

Imagen1: Aparece la imagen del título del tutorial.

Texto1: Calibración del analizador de redes *Agilent E5061A*.

2. ¿Por qué realizar la calibración?

Imagen2: Aparece un plano abierto del kit de calibración junto al analizador de redes.

Texto2: El proceso de calibración de un analizador de redes se realiza para que las medidas que se obtengan sean de alta precisión.

3. KIT de calibración.

Imagen: Se observa un plano abierto del analizador de redes junto con el kit de calibración.

Texto3: Existen cuatro dispositivos de prueba: *OPEN* (red abierta), *SHORT* (red en cortocircuito), *LOAD* (carga de 50Ω) y *THRU* (red conectada).

Imagen4: Aparece una imagen acercándose del kit de calibración.

Texto4: Estos dispositivos se van conectando, uno a uno, a los puertos del analizador, para que este pueda establecer la diferencia entre estos cuatro modos.

4. Proceso de calibración.

Imagen5: cambia al título del proceso de calibración.

Texto5: Proceso de calibración del analizador de redes *Agilent E5061A*.

Imagen6: Se observa un plano corto del analizador de redes *Agilent E5061A*, encendiéndose.

Texto6: Este analizador opera en el rango de frecuencias desde 300KHz hasta 1.5GHz.

Imagen7: Aparece cómo se cambia el formato del *display* a “*Carta de Smith*”.

Texto7: En primer lugar, la mejor manera de observar la calibración es en el modo “*Carta de Smith*”. Para ello, se accede al menú “*Format*”, luego se pulsa sobre “*Smith*” y se elige la opción “*R + jX*”.

Imagen8: Se observa cómo se accede al menú “*CAL*” para comenzar la calibración.

Texto8: A continuación, se accede al menú “*CAL*”. En este menú aparecen diferentes *KITs* de calibración definidos para este analizador de redes específico. Se elige la opción “*Calibrate*”. Por defecto, aparece un menú para calibrar dos puertos. En esta ocasión se elige la opción “*1 puerto*”, para calibrar el puerto 1 del analizador de redes.

5. Conexión de los dispositivos de calibración.

Imagen9: Se observa la grabación de cómo se van conectando los diferentes dispositivos y se realiza la calibración.

Texto9: En primer lugar, se conecta el circuito abierto (*OPEN*). Y se presiona la tecla “*OPEN*”, para que tome la medida del circuito abierto. En segundo lugar, se conecta el cortocircuito (*SHORT*). Y se presiona la tecla “*SHORT*”, para que tome la medida del cortocircuito. En último lugar, se conecta la carga de 50Ω (*LOAD*). Y se presiona la tecla “*LOAD*”, para que tome la medida de carga adaptada. Una vez realizada la calibración, se pulsa sobre *DONE* y después, *RETURN*. Para trabajar con la calibración realizada es necesario acceder al menú “*CAL*” y poner a “*ON*” la opción “*CORRECTION*”.

Imagen10: Aparece una imagen en la que se observan las componentes capacitivas e inductivas.

Texto10: Y, por último, cabe destacar, que si no se trabaja con un *KIT* de calibración homologado por la marca del analizador de redes, suelen aparecer componentes capacitivos e inductivos, cuando se conectan el circuito abierto y cortocircuito, respectivamente.

6. FIN.

Imagen11: Se funde a negro para finalizar el tutorial. FIN.

Imagen12: Aparecen los créditos del vídeo.

2 MANUALES DE USUARIO.

2.1.1 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UN VÍDEO MULTIMEDIA.

A continuación, se exponen las diferentes fases en las que se sustenta un trabajo de producción audiovisual. Estas fases se aplican en toda producción profesional. La producción audiovisual consta de tres fases o etapas: preproducción, producción y postproducción.

PREPRODUCCIÓN

De las tres fases de una producción audiovisual, la *preproducción* es la más significativa, ya que es en la que se parte desde cero hasta el comienzo de la grabación.

En primer lugar, hay que tener algo que contar, una idea. A partir de esta idea se comienza a trabajar en una historia para hacerla visible a través del vídeo. Esta idea se puede llevar a cabo mediante tres tipos de producciones:

- Producción de ficción. Estas producciones buscan recrear la realidad, ya sea mediante historias reales o inventadas.
- Producción de video creación. Es una producción sin las limitaciones de los géneros narrativos o comerciales.
- Producción documental. Son producciones de historias reales, con el objetivo de reflejarlas con la mayor objetividad posible.

En segundo lugar, hay que tener en cuenta el público al que se va a dirigir la producción, ya que a la hora de componer el guion el círculo estará más cerrado y será más fácil realizarlo.

A continuación, es necesario componer un guion, el cual hará de guía a lo largo de toda la producción audiovisual. El guion contiene la descripción de factores, como el espacio y el tiempo en que suceden las acciones, el carácter de los personajes, los lugares en donde transcurrirá y todos los detalles que componen la historia.

Debe dar una idea de lo que ocurre en la historia y en orden cronológico. Es preciso que sea concreto, descriptivo y ameno. El guion se divide en secuencias y en escenas numeradas.

A partir de las necesidades del guion, se comienzan a buscar los escenarios y las localizaciones necesarias.

Otro punto importante son los medios que se van a necesitar: cámaras de vídeo, trípodes, micrófonos, iluminación, atrezzo, decorados, equipos, personal técnico y personal artístico.

Cabe destacar que en la fase de producción es imprescindible realizar un presupuesto, el cual tiene como objetivo calcular el coste total de la producción.

Por último, hay que realizar un plan de trabajo, en el que se organizan y planifican las fases de grabación.

PRODUCCIÓN

En la fase de producción se llevan a la práctica todas las ideas pensadas en la parte de preproducción. Se montan los decorados, se preparan las cámaras, se elige la iluminación y se comienzan los ensayos. Una vez está controlada la escena, se comienza la grabación. Se recomienda grabar como mínimo tres tomas de cada plano.

POSTPRODUCCION

Una vez se tienen todas las escenas grabadas, se pasa a la fase de postproducción. En la fase de postproducción se selecciona el material grabado. Esta parte de la producción audiovisual se desarrolla en el laboratorio o de manera digital, realizando los montajes en el ordenador y añadiendo efectos especiales, si fuese necesario.

2.1.2 CAMTASIA STUDIO 8.0 USER GUIDE [12].

Recorder

With Camtasia Recorder, you record exactly what you want: the entire screen, specific dimensions, a region, a window, or an application. Recorder is designed to be simple and easy-to-use starting with your first recording—just click the Record button and begin your onscreen activity.

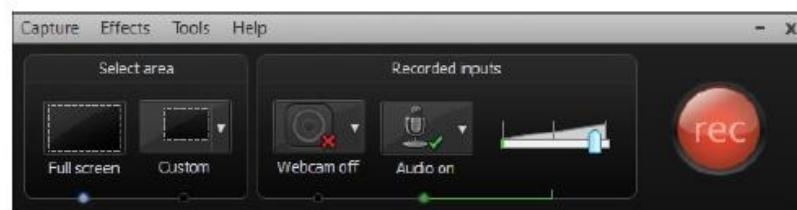


Fig. 95: Recorder on Camtasia.

Record PowerPoint

Share more than just the slides from a presentation, use the Camtasia Studio PowerPoint Add-In to record and share PowerPoint presentations for attendees to watch again or for people unable to attend the presentation.

Edit Your Video

Use Editor to arrange and edit clips on the timeline to build your video. The timeline is the primary working area for editing your video. You can import images, recording files, video clips, and audio into Editor to include on the timeline.

There are several components within Editor including the Clip Bin, Library, Preview Window, timeline, and task tabs used to add and edit effects. Before you begin to use Editor, take a few minutes to familiarize yourself with these components. You'll also want to learn how to create and manage video projects.

Camtasia Editor Overview



Fig. 96: Camtasia editor overview.

1. Access to three of Editor's important features: Record the Screen, Import Media, and Produce and Share your video.
2. Access program settings and options, import and export functions, and features.
3. Click to open the Editing Dimensions dialog box. Select a dimension for editing your video.
 - a. For the best results, choose the size you want your final video to be.
 - b. Choose editing dimensions smaller than the original recording to automatically add SmartFocus zoom animations to the timeline.
4. Magnification View Options. Click to choose the magnification level of the video on the canvas. This does not change the editing dimensions of the video. Choose Shrink to Fit to view the entire video within the boundaries of the canvas.
5. Get help using Camtasia Studio.

6. Preview Window.
7. Canvas. The Preview Window's canvas is the working area where you arrange, rotate, resize, and order the content on the timeline.
8. Playback Controls.
9. Task Tabs. Choose a tab to add callouts, transitions, zoom and pan animations, and more.
10. Library. Holds timeline sequences, video, audio, and image clips you want to use from project to project. Items in the Library are called media assets.
11. Clip Bin. Holds all video, audio, and image clips imported into the current project.
12. Timeline. The primary working area used to assemble and edit your video.
13. Timeline Toolbar. Access to basic editing tools such as zoom in and out, copy and paste, cut and split.
14. Timeline Tracks.
15. Stitch Media. Joins video clips together.

Callouts

Callouts are graphics that appear on top of a video to draw viewers' attention to important objects or processes in a video.

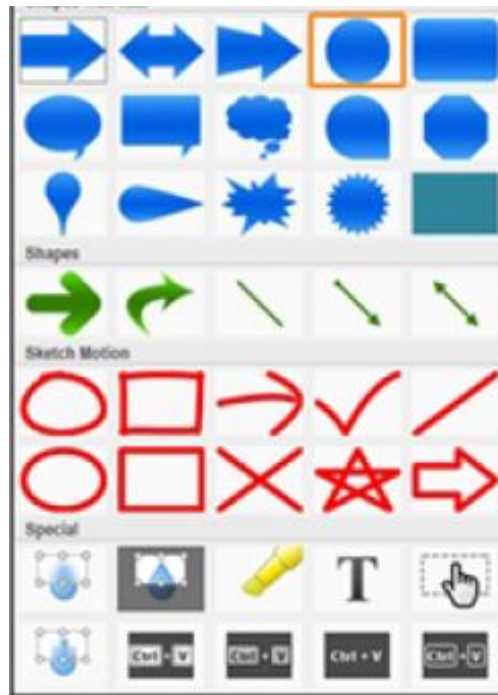


Fig. 97: Callouts on Camtasia.

Transitions

Transitions add a visual effect between the end of a clip and the beginning of the next clip.

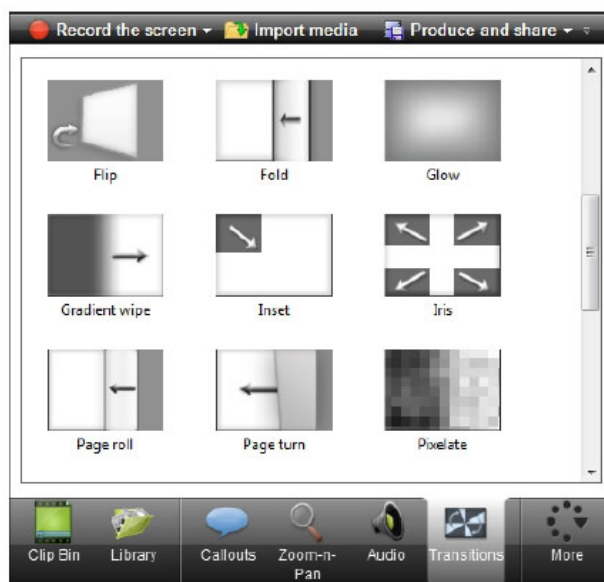


Fig. 98: Transitions on Camtasia.

Voice Narration

Use voice narration to insert a voice recording into the video.

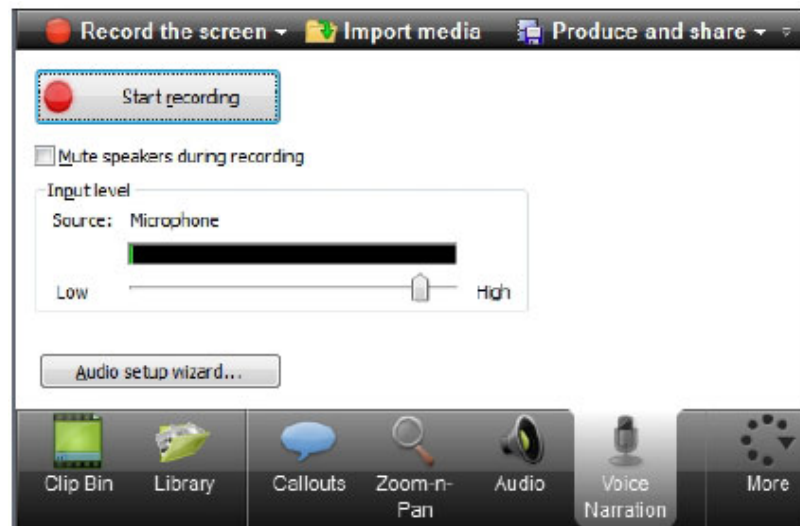


Fig. 99: Voice narration on Camtasia.

Cursor Effects

In Recorder, cursor data is collected and stored in the CAMREC recording file. In Editor, the cursor can be enhanced for better visibility using a highlight, spotlight, sound effect and more.

The cursor effects work by inserting animations: one to add the effect and one to change or remove the effect.

For example, if an animation is added at the beginning of the video, all of the cursor instances in the video are changed to match the cursor effects assigned to the animation.

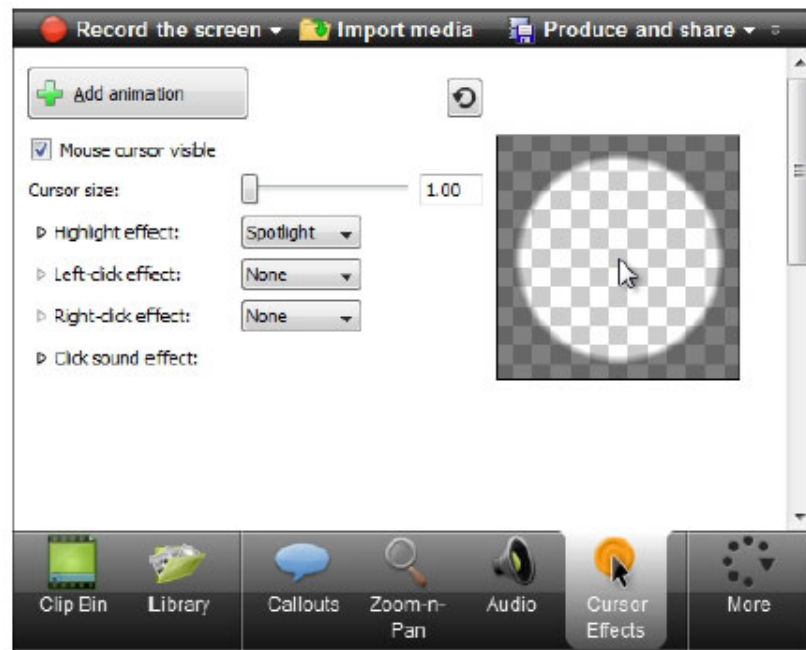


Fig. 100: Cursor effects on Camtasia.

Quiz and Survey

Insert a quiz or survey into your video to:

- Test viewers' knowledge through multiple choice, fill in the blank, short answer, and true/false questions.
- Add open ended questions to gain feedback or gather user information such as an email address to contact the viewer at a later time.

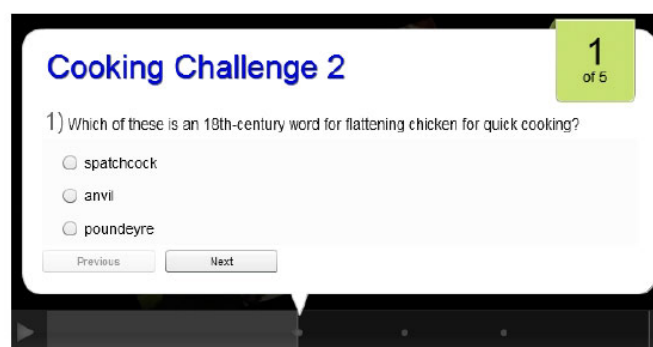


Fig. 101: Quiz and Survey on Camtasia.

Produce and Share a Video

The production process, also called rendering, creates an output file based on the sequence of video clips, audio clips, images, and effects on the timeline.

Preset production options contain settings optimized for popular distribution methods:
Screencast.com, YouTube, the Web, or mobile devices.

2.1.3 COREL VIDEO STUDIO PRO X6 USER GUIDE [13].

Corel VideoStudio Pro provides a hands-on workflow to produce professional-looking videos, giving you the freedom to customize all the elements in your video project.

Workspace

The new workspace is designed to provide you with a better editing experience. You can now customize the size of the program window and change the size and position of the elements on your screen for full control of your editing environment. Each panel behaves like an independent window that can be modified according to your editing preferences. This is very useful when you are using large displays or dual monitors.



Fig. 102: WorkSpace on Corel VideoStudio.

Part Description

1. Step Panel: Contains the Capture, Edit, and Share buttons, which correspond to the different steps in the video editing process.
2. Menu Bar: Contains the File, Edit, Tools, and Settings menus, which provide different sets of commands.
3. Player Panel: Contains the Preview Window and Navigation Panel.
4. Library Panel: Contains the Media Library, Media Filters and Options Panel.

5. Timeline Panel: Contains the Toolbar and Project Timeline.

Edit

The Edit Step is where you put together all the elements of your project. You can select videos, instant project templates, transitions, titles, graphics, effects, and audio clips from the Library and add them to the Timeline. Using the Options Panel, you can further customize the attributes of each element that you use.

Adding video clips

There are several ways of inserting video clips to the Timeline:

- Select a clip in the Library and drag it to the Video Track or Overlay Track. Multiple clips can be selected by pressing [Shift].
- Right-click a clip in the Library and select Insert To: Video Track or Insert To: Overlay Track.
- Select one or more video files in Windows Explorer and drag them to the Video Track or Overlay Track.
- To insert a clip from a file folder directly to the Video Track or Overlay Track, right-click the Timeline, select Insert Video and locate the video to use.

Adding photos

Photo clips are added to the Video Track the same way as video clips. Before you start adding photos to your project, determine the photo size that you want for all your photos. By default, Corel VideoStudio Pro adjusts the size to keep the photo's aspect ratio. Corel PaintShop Pro PSPIMAGE files (*.pspimage) are now supported in Corel VideoStudio Pro. PSPIMAGE files that are imported into the Library have a multiple layer indicator so you can distinguish them from other types of media clips.

Speed and Time-lapse

You can modify the playback speed of your videos. Set your video in slow motion to emphasize a movement, or set it to play at lightning speed and give your movie a

comical air. You can also use this feature to achieve time-lapse and strobe effects on your videos and photos. To adjust the speed and time-lapse attributes of your video clip, just click Speed/Time-lapse in the Options Panel of the Edit Step.

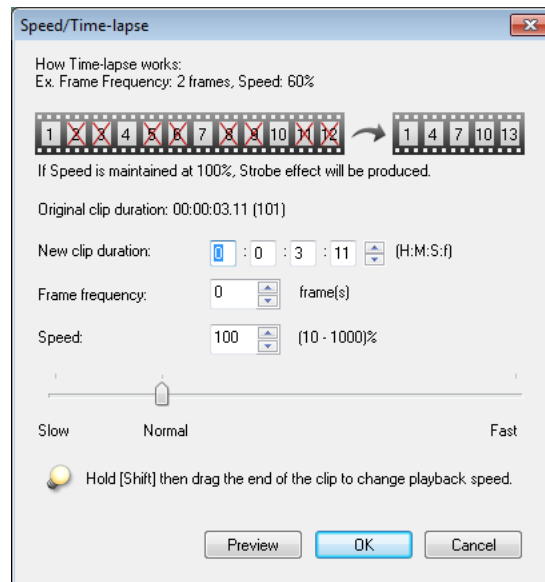


Fig. 103: Speed and Time-lapse on Corel VideoStudio.

Assets and Effects

Video and photo files, transitions, titles, graphics, filters, and audio files are common elements in a movie production. The Library Panel provides quick access to these elements. Clicking a button in the Library Panel displays a specific media type or effect in the Library.

Video format support:

Input: AVI, MPEG-1, MPEG-2, HDV, AVCHD, M2T, MPEG-4, M4V, H.264, QuickTime*, Windows Media Format, MOD, M2TS, TOD, BDMV, 3GPP, 3GPP2, DVR-MS, FLI, FLC, FLX, SWF, DivX*, RM*, UIS, UISX, WebM.

Output: DVAVI, MPEG-2, MPEG-4, H.264, QuickTime*, Windows Media Format, 3GP, 3GP2, VCHD, BDMV, FLI, FLC, FLX, RM*, DivX*, UIS, UISX, WebM.

Image format support:

Input: BMP, CLP, CUR, EPS, FAX, FPX, GIF87a, IFF, IMG, JP2, JPC, JPG, MAC, MPO, PCD, PCT, PIC, PNG, PSD, PXR, RAS, SCT, SHG, TGA, TIF/TIFF, UFO, UFP, WMF, PSPImage, Camera RAW, 001, DCS, DCX, ICO, MSP, PBM, PCX, PGM, PPM, SCI, WBM, BMP.

Output: BMP, JPG.

Audio format support:

Input: Dolby Digital Stereo, Dolby Digital5.1, MP3, MPA, QuickTime, WAV, Windows Media Audio, MP4, M4A, Aiff, AU, CDA, RM, AMR, AAC, OGG.

Output: Dolby Digital Stereo, Dolby Digital 5.1, M4A, OGG, WAV,WMA.

Transitions

Transitions can help your movie switch smoothly from one scene to the next. They can be applied to single clips or in between clips on all tracks in the Timeline. Effective use of this feature can add a professional touch to your movie.

There are 16 types of transitions in the Library. For every type, you choose a specific preset effect by using the thumbnails.

Titles

Corel VideoStudio Pro lets you create professional-looking titles, complete with special effects, in minutes. While a picture may be worth a thousand words, the text in your video production (i.e., subtitles, opening and closing credits, etc.) adds to the clarity of your movie.

Share

Share your project in a format that is suitable for your audience or purpose. You can export your rendered movie as a video file, burn your project as an AVCHD, DVD and BDMV disc complete with menus, export to mobile devices or upload directly to your Vimeo, YouTube, Facebook or Flickr accounts.

2.1.4 AGILENT E5061A QUICK START GUIDE [14].

Names and Descriptions of E5061A/E5062A parts

This section describes the names and outlines of the E5061A/E5062A parts on the front panel and display area. For more information, see Chapter 2 “Overview of Functions” in the *E5061A/E5062A User’s Guide*. This section also describes three operation methods using the keys, mouse, and touch panel (Option 016).

Front Panel

The names and short descriptions of the E5061A/E5062A parts on the front panel are as shown as follows.

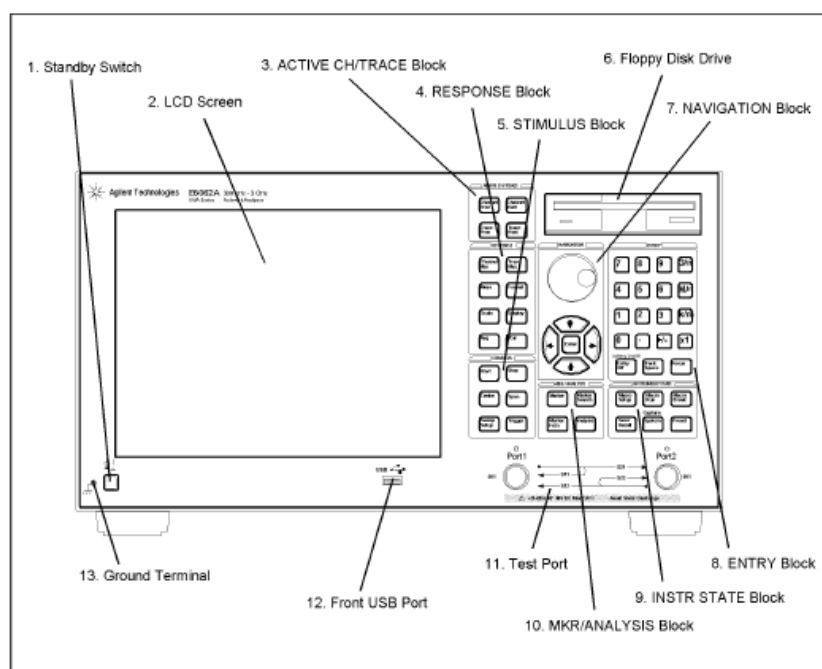


Fig. 104: Partes del analizador de redes Agilent E5061A.

1. Standby Switch

Allows the switch between power-on and standby mode on the E5061A/E5062A.

2. LCD Screen

Displays measurement traces, instrument setting conditions, menu bars, the Visual Basic Editor, etc. Consists of a 10.4-inch TFT color LCD. For details on the information displayed on the LCD screen, see “Display Area” on page 45.

3. ACTIVE CH/TRACE Block

A group of keys used for selecting the active channel and an active trace. For more information on the functions of the keys in the ACTIVE CH/TRACE Block, see Chapter 2 “Overview of Functions” in the E5061A/E5062A *User’s Guide*.

4. RESPONSE Block

A group of keys used for the selection of a measurement parameters/data formats , displaying, calibration, etc. For more information on the functions of the keys in the RESPONSE Block, see Chapter 2 “Overview of Functions” in the E5061A/E5062A *User’s Guide*.

5. STIMULUS Block

A group of keys used for specifying the setup for signal sources, trigger, etc. For more information on the keys in the STIMULUS Block, see Chapter 2 “Overview of Functions” in the E5061A/E5062A *User’s Guide*.

6. Floppy Disk Drive

Stores/installs from/to the E5061A/E5062A the files containing the instrument setting conditions of the E5061A/E5062A, measurement data, the VBA (Visual Basic for Applications) program, etc. Compatible with 3.5-inch, 1.44 MB, DOS (Disk Operating System) formatted floppy disks.

7. NAVIGATION Block

A group of keys used for the movement/selection of the focus in menu bars/softkey menu bar/dialog boxes and for manipulating markers. For the functions of the keys in the NAVIGATION Block, see Chapter 2 “Overview of Functions” in the E5061A/E5062A *User’s Guide*.

8. ENTRY Block

A group of keys used for entering numeric data on the E5061A/E5062A settings. For more information on the functions of the keys in the ENTRY Block, see Chapter 2 “Overview of Functions” in the E5061A/E5062A *User’s Guide*.

9. INSTR STATE Block

A group of keys used for specifying the setup for controlling and managing the E5061A/E5062A such as executing printing measurement results, executing VBA macros, and presetting (initializing) the E5061A/E5062A. For more information on the keys in the INSTR STATE Block, see Chapter 2 “Overview of Functions” in the E5061A/E5062A *User’s Guide*.

10. MKR/ANALYSIS Block

A group of keys used for analyzing measurement results through markers, the limit test function, etc. For more information on the keys in the MKR/ANALYSIS Block, see Chapter 2 “Overview of Functions” in the E5061A/E5062A *User’s Guide*.

11. Test Port

While the signal is being output from a test port, the yellow LED above the test port lights up. The connector type adopted is the 50 Ω -based N-type (female) connector (Option 150, 250) or the 75 Ω -based N-type (female) connector (Option 175, 275).

12. Front USB Port

Used to connect a printer, or an ECal module compatible with the USB (Universal Serial Bus). Using a USB port allows the accessories to be connected after the E5061A/E5062A has been powered on.

13. Ground Terminal

Connected to the chassis of the E5061A/E5062A. You can connect a banana type plug to this terminal.

Display Area

The names and short description of the E5061A/E5062A parts on the display area are shown as follows:

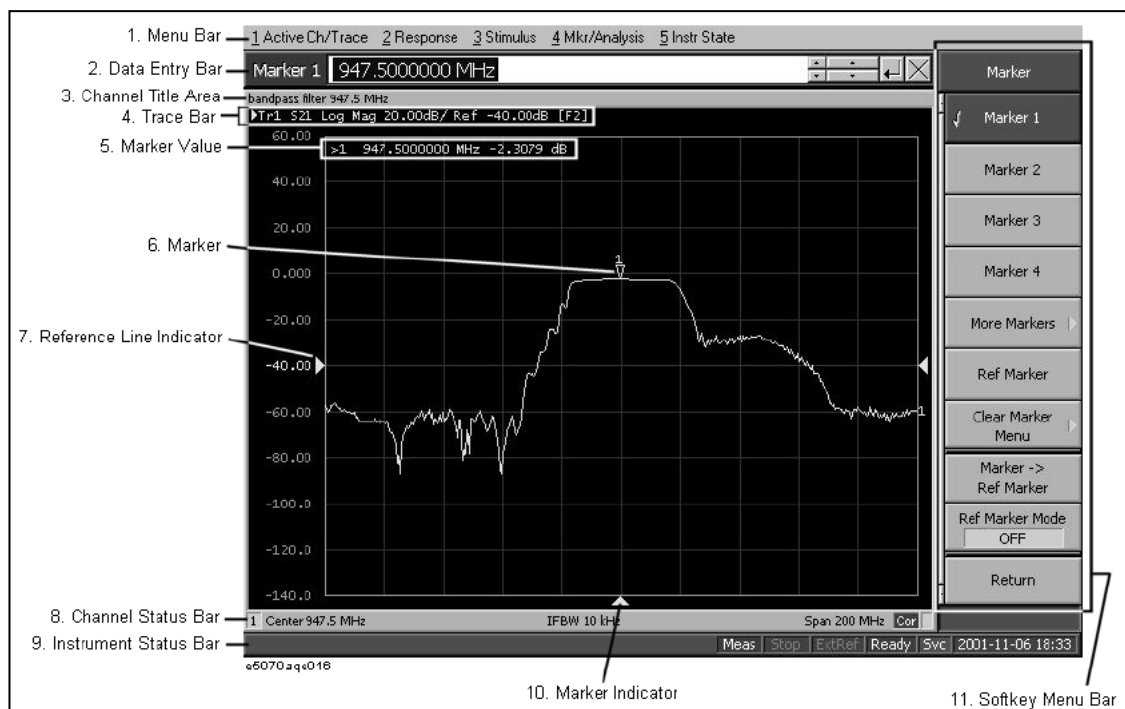


Fig. 105: Pantalla del analizador de redes Agilent E5061A.

2.1.5 AGILENT N9320B. SPECTRUM ANALYZER [15].

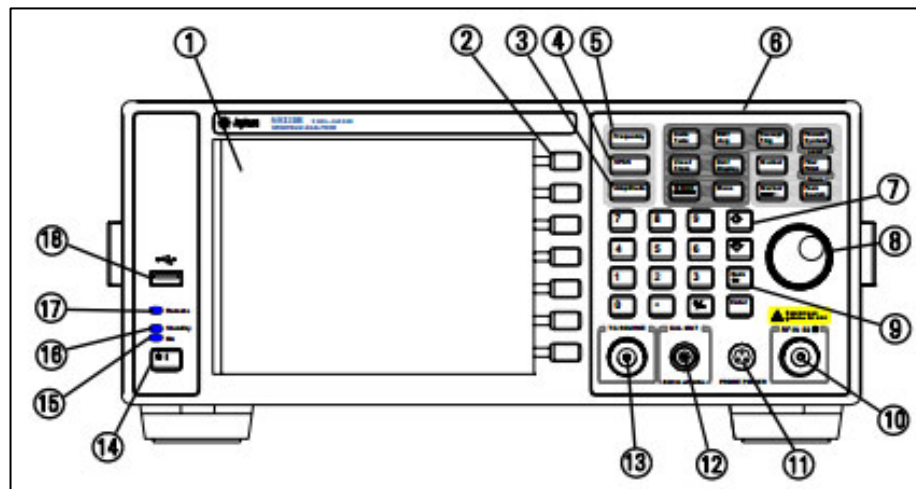


Fig. 106: Analizador de espectros Agilent N9320B.

1. Screen.

6.5 inch TFT color screen shows information of the current function, including the signal traces, status indicators, and instrument messages. Labels for softkeys are located on the right- hand side of the screen.

2. Softkeys.

Softkeys are the unlabeled keys next to the screen. They activate functions displayed to the left of each key.

3. Amplitude.

It activates the reference level function and accesses the amplitude softkeys, with which you set functions that affect data on the vertical axis.

4. SPAN.

It sets the frequency range symmetrically about the center frequency. The frequency-span readout describes the total displayed frequency range.

5. Frecuency.

It activates the center- frequency function, and accesses the menu of frequency functions.

6. Function Keys.

- **Preset/System (Local)** accesses the softkeys to reset the analyzer to a known state, if the analyzer is in the remote mode, pressing this key returns the analyzer to the local mode and enables front- panel control.
- **Autotune** searches the signal automatically and locates the signal to the center of the graticule.
- **BW/Avg** activates the resolution bandwidth function and accesses the softkeys that control the bandwidth functions and averaging.
- **Sweep/Trig** accesses the softkeys that allow you to set the sweep time, select the sweep mode and trigger mode of the analyzer.
- **View/Trace** accesses the softkeys that allow you to store and manipulate trace information.
- **Det/Display** accesses the softkeys that allow you to configure detector functions and control what is displayed on the analyzer, including the display line, graticule and annotation, as well as the testing of trace data against entered limits.
- **MODE** selects the measurement mode of your analyzer.
- **Meas** accesses the softkeys that let you make transmitter power measurements such as adjacent channel power, occupied bandwidth, and harmonic distortion, etc.
- **Marker** accesses the marker control keys that select the type and number of markers and turns them on and off.
- **Peak Search** places a marker on the highest peak.
- **File/Print** accesses the softkeys that allow you to configure the file and printing system of the analyzer.

7. Arrow keys.

The up and down arrow keys shift the selected item when you press [MODE] hardkey; you can also change the mode by rotating the knob.

8. Knob.

The front panel knob increases or decreases a value, a numeric digit, or scrolls up and down to select an item in a list.

9. Data Control Keys.

It includes the numeric keypad, ENTER key and backspace key, change the numeric value of an active function such as center frequency, start frequency, resolution bandwidth, and marker position.

10. RF IN connector.

It is the signal input for the analyzer. The maximum damage level is average continuous power +40 dBm, DC voltage 50 VDC or max pulse voltage 125 V. The impedance is 50 W. (N- type female).

11. PROBE POWER connector.

It provides power for high- impedance AC probes or other accessories (+15 V, –12 V, 150 mA maximum).

12. CAL OUT connector.

It provides an amplitude reference signal output of 50 MHz at –10 dBm (BNC female).

13. TG Source connector.

N- type female, is the source output for the built- in tracking generator. The impedance is 50 W. (for Option TG3).

14. Standby Switch.

It switches on all functions of the analyzer. To switch the analyzer off, press the switch for at least 2 seconds. This deactivates all the functions but retains power to internal circuits so long as the analyzer is connected to line power.

15. On LED.

It (green) lights when the analyzer is switched on.

16. Standby LED.

It (orange) lights when the analyzer is connected to the line power.

17. Remote LED.

It lights when the analyzer is remotely controlled by a PC via the USB host interface on the rear panel.

18. USB Device connector.

It provides a connection between external USB devices and the analyzer, such as a USB memory device.

DISPLAY ANNOTATIONS.

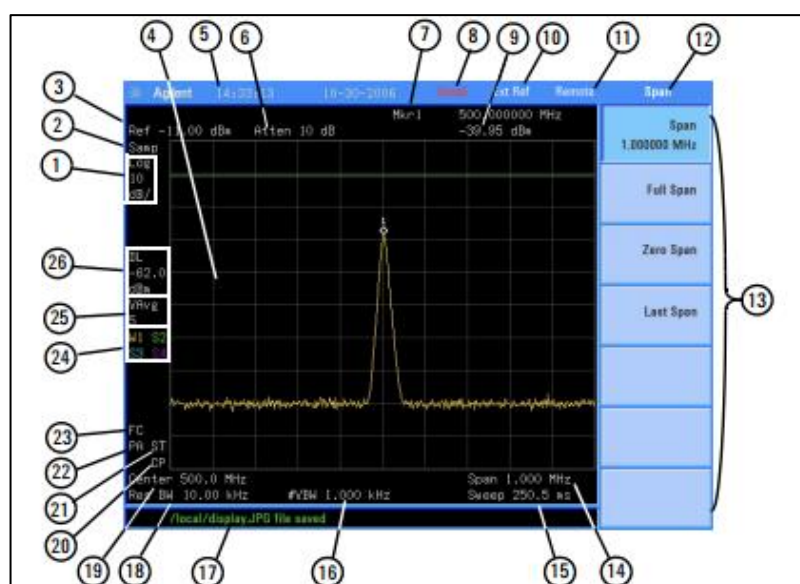


Fig. 107: Display Agilent N9320B.

Item	Description	Notes (Associated function key)
1	Amplitude scale	[Amplitude] > Scale Type
2	Detector mode	[Det/Display] > Detector
3	Reference level	[Amplitude] > Ref Level
4	Active function block	The function in use
5	Time and date display	[Preset/System] > Time/Date
6	RF attenuation	[Amplitude] > Attenuation Auto
7	Marker frequency	[Marker] or [Marker] > Function > Frequency Counter
8	Uncal indicator	The readout of amplitude is uncalibrated.
9	Marker amplitude	[Marker]
10	External reference	An external frequency reference is in use.
11	Remote mode	The analyzer is in remote mode
12	Key menu title	Dependent on key selection.

13	Softkey menu	Refer to "Key Reference" for details. Dependent on current function key selection.
14	Frequency span	[SPAN]
15	Sweep time	[Sweep/Trig] > Sweep Time
16	Video bandwidth	[Bw/Avg] > Video BW
17	Display status line	Display status and instrument messages.
18	Resolution bandwidth	[Bw/Avg] > Res BW
19	Trigger/Sweep F - free run trigger L - line trigger V - video trigger E - external trigger C - continuous sweep S - single sweep	[Sweep/Trig]
20	Continuous peak	[Peak Search] > Continuous pk
21	Signal track	[SPAN] > Span
22	Internal preamp	[Amplitude] > Int Preamp
23	Key menu title	Dependent on key selection
24	Trace mode W - clear write M - maximum hold m - minimum hold V - view S - store blank	[Trace]
25	Average VAvg - video average PAvg - power average	[Bw/Avg] > Average On Off
26	Display line	[Det/Display] > display Line On Off

REAR PANEL OVERVIEW.

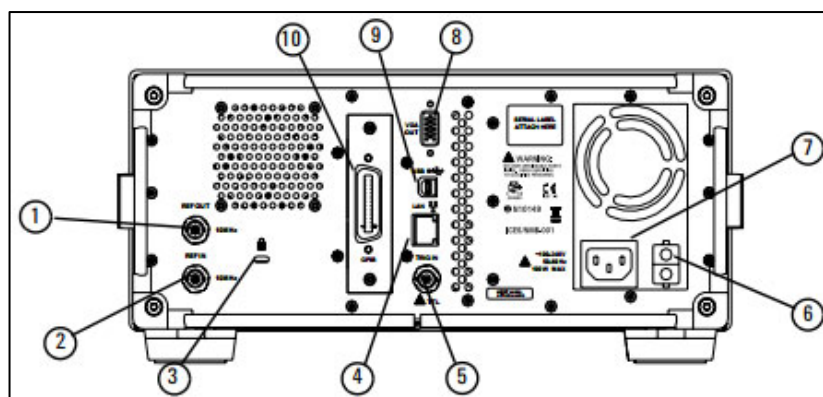


Fig. 108: Panel trasero Agilent N9320B.

1. **REF OUT connector** provides a frequency of 10 MHz, amplitude of –10 dBm reference output. (BNC female).
2. **REF IN connector** accepts an external timebase with a frequency of 10 MHz, amplitude of –5 to +10 dBm. (BNC female).

3. **Kensington Lock** lock the instrument and keep its safety.
4. **LAN port** A TCP/IP Interface that is used for remote analyzer operation.
5. **EXT TRG IN (TTL) connector** accepts an external voltage input, the positive edge of which triggers the analyzer sweep function. (BNC female).
6. **Power switch** isolates the analyzer from the AC line power. After switch on, the analyzer enters into standby mode and the orange standby LED on the front panel lights.
7. **AC Power Receptacle** accepts a three- pin line power plug.
8. **VGA connector** provides the video output signal to an external monitor or projector. (D- sub 15- pin female).
9. **USB Host connector** provides a connection between the analyzer and an PC for remote control.
10. **GPiB connector** (Option G01) is an optional interface. GPiB supports remote analyzer operation.

2.1.6 ROHDE&SCHWARZ SPECTRUM ANALYZER R&S®FS300 [16].

FRONT VIEW

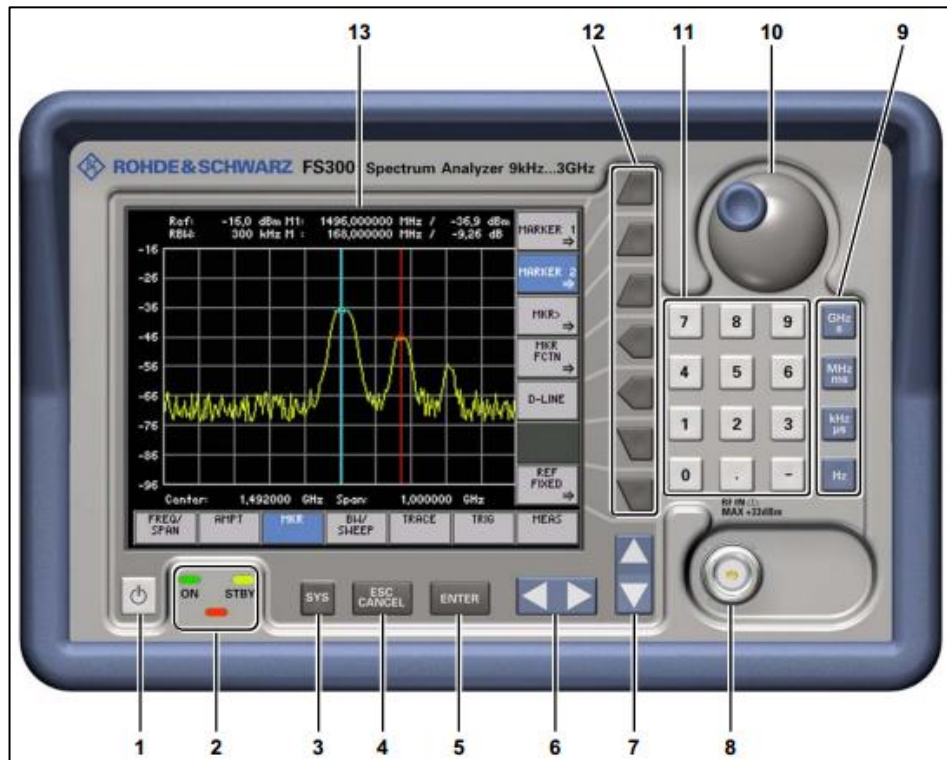


Fig. 109: Analizador de espectros R&SFS300.

1. ON/STANDBY switch.
2. ON/STANDBY indicator.
3. SYS key.
4. ESC/CANCEL key.
5. ENTER key.
6. Cursor keys (up and down).
7. Cursor keys (right and left).
8. RF IN, RF input connector.
9. Unit keys.
10. Rotary knob.
11. Numerical keys.
12. Function keys.
13. Screen.

REAR VIEW

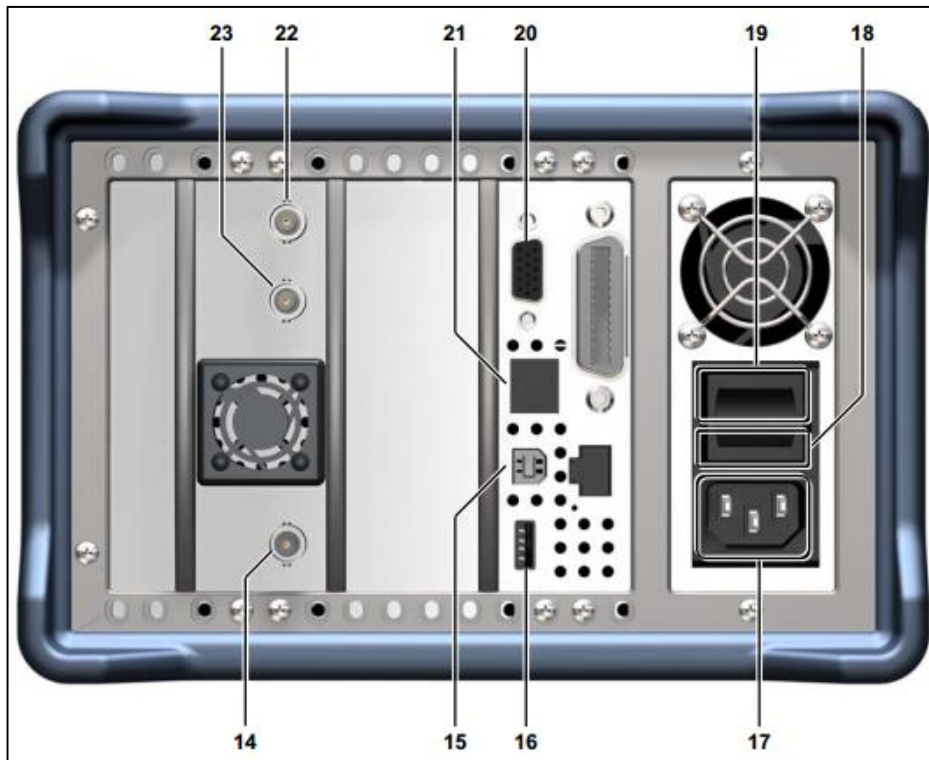


Fig. 110: Parte trasera del R&SFS300.

- 14. Input connector for external trigger or external gate signal.
- 15. Connector for external USB host.
- 16. Output connector for external USB device (e.g. printer).
- 17. Power supply connector.
- 18. AC line fuses.
- 19. AC line switch.
- 20. Connector for external monitor.
- 21. Connector for external keyboard.
- 22. Input for external reference (10 MHz).
- 23. Output for external/internal reference (10 MHz).

2.1.7 AGILENT 33220A 20MHz WAVEFORM GENERATOR [17].

FRONT PANEL

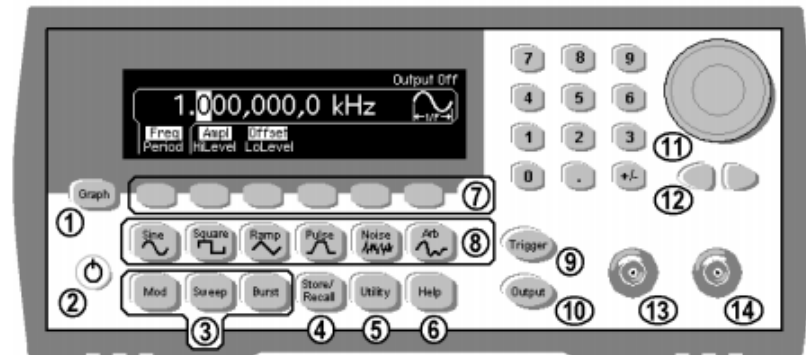


Fig. 111: Panel frontal del Agilent 33220A.

1. Graph Mode/Local Key.
2. On/Off Switch.
3. Modulation/Sweep/Burst Keys.
4. State Storage Menu Key.
5. Utility Menú Key.
6. Help Menu Key.
7. Menu Operation Softkeys.
8. Waveform Selection Keys.
9. Manual Trigger Key.
10. Output Enable/Disable Key.
11. Knob.
12. Cursor Keys.
13. Sync Connector.
14. Output connector.

MENU MODE

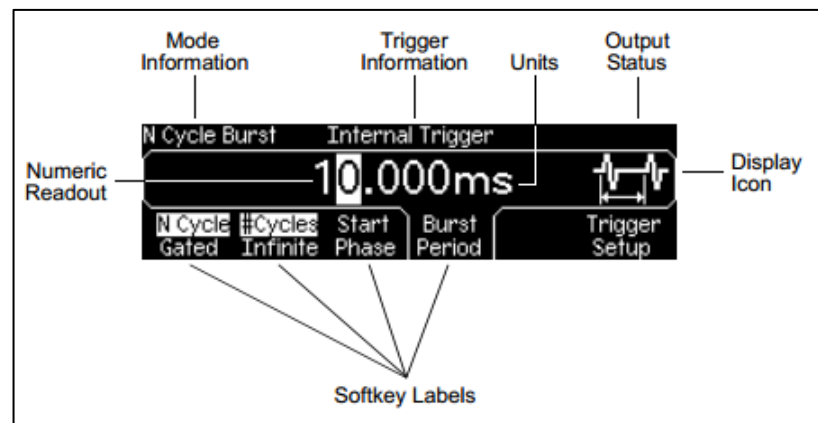


Fig. 112: Modo del menú del Agilent 33220A.

GRAPH MODE

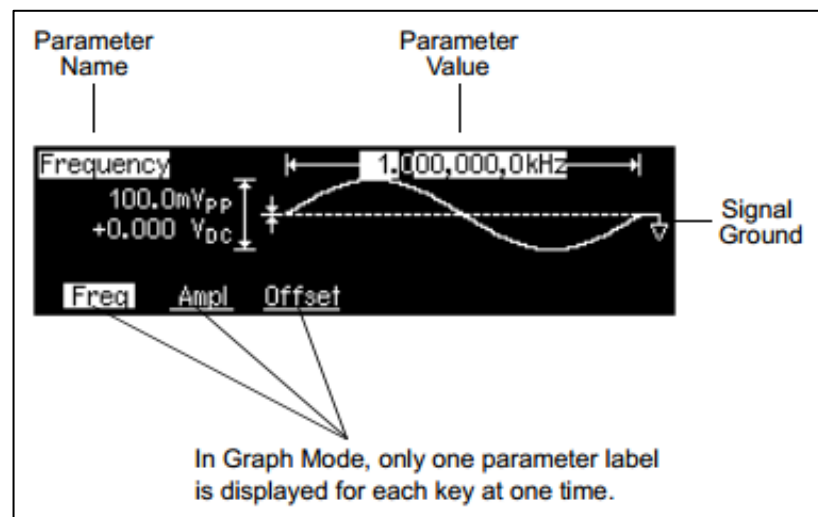


Fig. 113: Modo gráfica del Agilent 33220A.

REAR PANEL

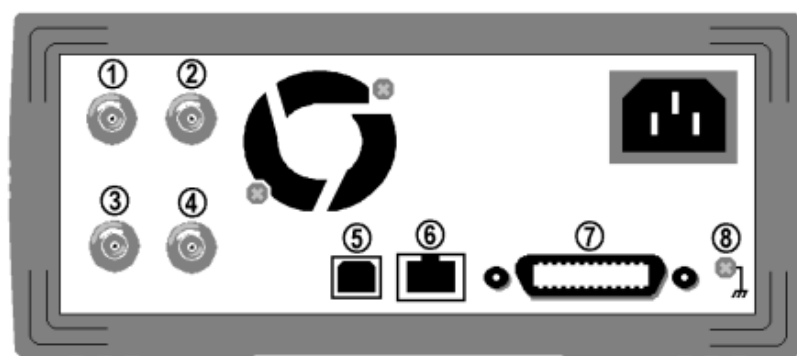


Fig. 114: Parte trasera del Agilent 33220A.

1. External 10 MHz Reference Input Terminal (Option 001 only).
2. Internal 10 MHz Reference Output Terminal (Option 001 only).
3. External Modulation Input Terminal.
4. Input: External Trig/FSK/Burst Gate. Output: Trigger Output.
5. USB Interface Connector.
6. LAN Interface Connector.
7. GPIB Interface Connector.
8. Chassis Ground.

2.1.8 HAMEG OSCILLOSCOPE HM 1004 [18].

FRONTAL PANEL

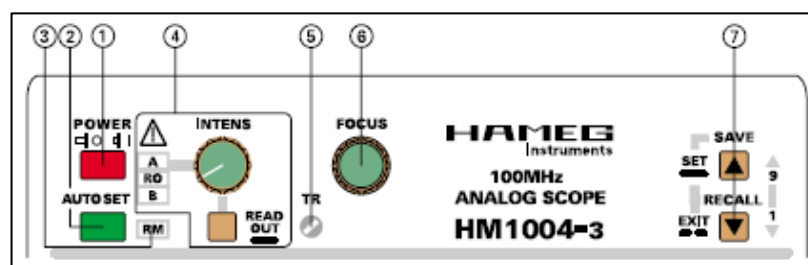


Fig. 115: Botones superiores del HM1004.

1. **Power button.**
2. **AUTO SET button.** The oscilloscope calculates a right sight of the signal.
3. **RM.** The remote control mode can be switched on or off via de RS232 interface.
4. **INTENS – READ OUT.** This control knob is for adjusting the A and B traces and readout intensity.
5. **TR.** The trace rotation control can be adjusted with a small screwdriver.
6. **FOCUS.** This control knob effects both the trace and the readout sharpness.
7. **SAVE/RECALL.** The instrument contains 9 non volatile memories. These can be used by the operator to save instrument settings and to recall them.

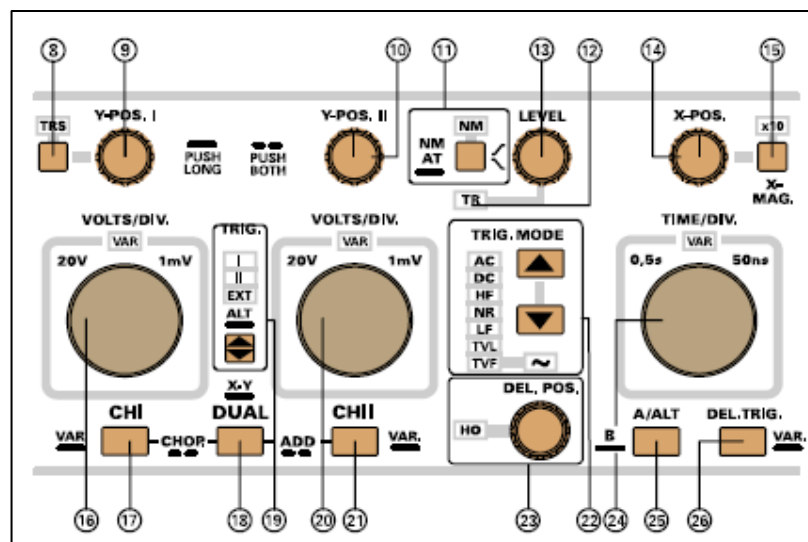


Fig. 116: Botones centrales del HM1004.

8. **TRS.** The instrument contains a trace separation function which is required in the alternate timebase mode to separate the B timebase trace from A timebase in Y direction.

- 9. Y-POS. I.** Control knob with a double function: Y-Position channel I and Y-Position B-trace in alternate timebase mode.
- 10. Y-POS. II.** Control knob. The vertical trace position of channel II can be set with this control knob.
- 11. NM-AT- (SLOPE).** Pushbutton with a double function and associated NM-LED:
- a. NM-AT selection:** Press and hold the pushbutton to switch over from automatic to normal triggering and vice versa.
 - b. Slope selection:** Briefly pressing this pushbutton selects which slope of the signal is used for triggering the timebase generator.
- 12. TR.** Trigger indicator LED.
- 13. LEVEL.** Control knob. Turning the LEVEL knob causes a different trigger point setting (voltage).
- 14. X-POS.** Control knob.
- 15. X-MAG. x10.** Pushbutton and LED.
- 16. VOLTS/DIV.** Turning the control knob clockwise increases the sensitivity in a 1-2-5 sequence and decreases it if turned in the opposite direction.
- 17. CH I – VAR.** Pushbutton with several functions.
- a. CH I mode:** Pressing the CHI button sets the instrument to channel I mode.
 - b. VAR:** Pressing and holding this pushbutton selects the VOLTS/DIV control knob function between attenuator and vernier.
- 18. DUAL – XY.** Pushbutton with multiple functions.
- a. DUAL MODE.** Pressing this button switches over DUAL mode.
 - b. ALT.** Displayed in the readout, indicates alternate channel switching.
 - c. CHP.** Indicates chopper mode.
 - d. ADD mode.** Addition mode can be selected by pressing the DUAL and CHI buttons simultaneously.
 - e. XY mode.**
- 19. TRIG.** Pushbutton for trigger source selection and associated LEDs.
- 20. VOLTS/DIV.** Turning the control knob clockwise increases the sensitivity in a 1-2-5 sequence and decreases it if turned in the opposite direction.
- 21. CH II – VAR.** Pushbutton with several functions.

- a. **CH I mode:** Pressing the CHI button sets the instrument to channel I mode.
 - b. **VAR:** Pressing and holding this pushbutton selects the VOLTS/DIV control knob function between attenuator and vernier.
- 22. TRIG. MODE.** Pressing the upper or lower button selects the trigger coupling.
- 23. DEL.POS. – HO.** Control knob with a double function and associated LED.
- a. **A timebase:** In A timebase mode, the control knob applies to the hold off time setting.
 - b. **Alternate (A and B) and B timebase:** In alternate (A and B) and B timebase modes, the knob controls the delay time setting.
- 24. TIME/DIV.** turning the control knob clockwise reduces or increases the deflection coefficient.
- 25. A/ALT – B.** Pushbutton for timebase mode selection.
- 26. DEL.TRIG. – VAR.**
- a. **DEL.TRIG.:** the instrument switches between free run and triggered B timebase, if alternate or B timebase mode is preset.
 - b. **VAR:** Pressing this button selects the TIME/DIV.

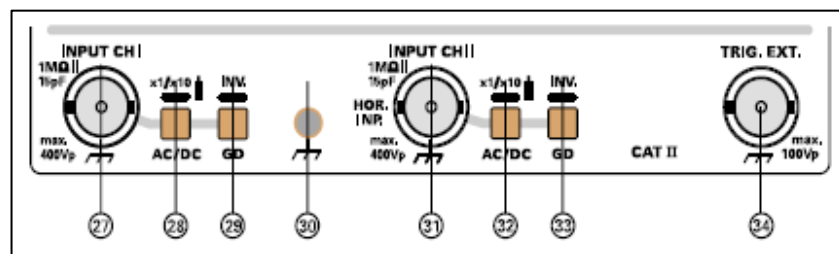


Fig. 117: Botones inferiores del HM1004.

27. INPUT CH I – BNC socket.

28. AC / DC.

- a. **INPUT Coupling:** pressing this button switches over from AC to DC input coupling and vice versa.
- b. **Probe factor:** Pressing and holding this button selects the indicated deflection coefficient of channel I displayed in the readout.

29. GD – INV.

- a. **GD:** The input is switched from active to inactive and vice versa.

- b. **INV:** Pressing and holding this button switches the channel I invert function on or off.

30. Grounf socket – 4mm banana socket.

31. INPUT CH II. BNC socket.

32. AC / DC.

- a. **INPUT Coupling:** pressing this button switches over from AC to DC input coupling and vice versa.
- b. **Probe factor:** Pressing and holding this button selects the indicated deflection coefficient of channel I displayed in the readout.

33. GD – INV.

- a. **GD:** The input is switched from active to inactive and vice versa.
- b. **INV:** Pressing and holding this button switches the channel I invert function on or off.

34. TRIG. EXT. This BNC socket is the external trigger signal input.

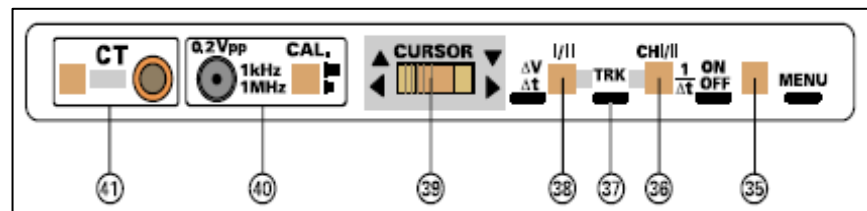


Fig. 118: Botones de lectura del HM1004.

- 35. MENU.** Pressing and holding the pushbutton activates the display of the MAIN MENU.
- 36. ON/OFF – CH/II – 1/Δt.** Pressing and holding this button switches the cursor lines ON or OFF. CH/II is available only in DUAL and XY mode. 1/Δt selects between time and frequency measurement.
- 37. TRK.** Switches over from single cursor line operation to track mode and vice versa.
- 38. I/II – ΔV/Δt.** Change the active cursor and changes from voltage to time measurement.
- 39. CURSOR.** The cursor can be shifted in the required direction.
- 40. CAL.** A squarewave signal is available from the socket for probe adjustment purposes.
- 41. CT.** Switches the instrument from oscilloscope to component test mode and vice versa.

2.1.9 CÁMARA DE VÍDEO SONY HDR-CX410VE [19].

A continuación, se muestran las especificaciones de la cámara de vídeo: SONY HDR-CX410VE. Utilizada para la grabación de las escenas de este proyecto fin de carrera.



Fig. 119: Cámara de vídeo Sony HDR-CX410CE.

- **Lente/Zoom**

Lente	Lente G™:
Zoom ampliado	55x
Índices de Zoom (Óptico)	30x
Índices de Zoom (Digital)	350x
Diámetro de filtro (mm)	46
F	1,8-4,0
f (Distancia focal) (mm)	1,9 - 57
f (conversión de 35 mm): modo de película (mm)	26,8-804,0 mm (16:9), 32,8-984,0 mm (4:3)
f (conversión de 35 mm): modo fotográfico (mm)	26,8-804,0 mm (16:9), 32,8-984,0 mm (4:3)
Gran angular	Sí

- **Cámara**

Dispositivo de imagen: Tamaño	Sensor CMOS Exmor R™ retroiluminado de tipo 1/3.91 (4,6 mm)
Número de píxeles bruto (miles)	Aprox. 5.430.000
Píxeles efectivos (vídeo)	Aprox. 2.230.000 píxeles (16:9), aprox. 1.670.000 píxeles (4:3)
Píxeles efectivos (imagen fija)	Aprox. 2.230.000 píxeles (16:9), aprox. 1.670.000 píxeles (4:3)
Enfoque: Manual	SÍ
Enfoque de seguimiento	SÍ
Iluminación mínima (lux)	Estándar: 6 lux (velocidad de obturación a 1/50), Lux bajo: 3 lux (velocidad de obturación a 1/25)
SteadyShot (estabilización de imagen)	Estabilización de imagen Balanced Optical SteadyShot™ con Modo Activo (gran angular a teleobjetivo)
Detección facial	SÍ
Disparador de sonrisas	SÍ
NightShot	NO
Velocidad de obturación	1/6 - 1/10.000
Balance de blancos	Auto / Una sola pulsación / Exteriores / Interiores
Scene Selection (Selección de escena)	Automático / Penumbra / Retrato en penumbra (sólo modo fotográfico) / Amanecer y atardecer / Fuegos artificiales / Paisaje / Retrato / Luz puntual / Playa / Nieve
Intelligent AUTO (iAUTO)	SÍ
Golf Shot	SÍ

Cinematone	SÍ
Examinar eventos	SÍ
Compensación de retroiluminación	SÍ

- **Visor/Monitor LCD**

Tipo de monitor LCD	Pantalla Clear Photo LCD Plus™
LCD: Tamaño (pulg.)	3" (7,5 cm)
LCD: Píxels (puntos)	230.000
Pantalla táctil	SÍ
Visor	NO

- **Flash / luz**

Flash	NO
-------	----

- **Grabador / Reproductor**

Formato de película	HD: compatible con formatos MPEG4-AVC/H.264 AVCHD™ ver .2.0. STD: MPEG2-PS:MPEG-2 MP4: MPEG-4 AVC/H.264
Soporte de grabación	Memoria Flash interna, Memory Stick PRO Duo™ (Mark 2), Memory Stick PRO-HG Duo™, Memory Stick XC-HG Duo™, tarjeta de memoria SD/SDHC/SDXC (Clase 4 o superior)

Resolución de vídeo	HD: 1920x1080/50p (PS), 25p (FX, FH), 50i (FX, FH), 1440x1080/50i (HQ, LP)
Tasa de grabación de vídeos (tasa de bits media/tasa de bits variable)	HD: PS Aprox. 28 Mbps/FX: Aprox. 24 Mbps/FH: Aprox. 17 Mbps/HQ: Aprox. 9 Mbps/LP: Aprox. 5 Mbps - STD HQ: 9 Mbps
Reproducción de puntos destacados	Sí
Copia directa	Sí
Compatibilidad con DVDirect	NO

- **Grabación de fotografías**

Grabación de fotografías	Sí
Compresión de imágenes fijas	JPEG
Tamaño de imagen	Máx. 8,9 megapíxeles (16:9, 3984 x 2240), 6,7 megapíxeles (4:3, 2992 x 2240)
Grabación de instantáneas durante el vídeo (grabación dual)	Sí

- **Audio**

Sistema de audio	Dolby® Digital 5.1canales
Micrófono incorporado	Micrófono de zoom incorporado
Altavoz incorporado	Altavoz monoaural

- **Clavijas**

Clavija de micrófono	Miniconector estéreo
Toma para auriculares	Miniconector estéreo
Entrada compuesta	NO
Salida compuesta	Salida de vídeo compuesta (cable de conexión A/V, no incluido)
Salida USB	SÍ
Cable USB integrado	SÍ (carga por USB disponible)
Salida HDMI®	SÍ

- **Otros**

Grabación panorámica en 16:9	SÍ
Geoetiquetado automático por GPS	SÍ
Zapata para accesorios	SÍ
Consumo de energía: LCD (W)	HD: 2,5 W, STD: 2,3 W, MP4: 2,2 W

- **Accesorios suministrados**

Adaptador de CA	SÍ
Cable de alimentación	SÍ
Batería recargables	NP-FV50
Cable USB	Cable de soporte de conexión USB
Software de edición	PlayMemories Home (descargar desde la web)

Mando a distancia inalámbrico	NO
-------------------------------	----

Cable HDMI® (mini)	SÍ
--------------------	----

Anillo reductor	SÍ
-----------------	----

➤ **Dimensiones**

Profundidad (mm)	121
------------------	-----

Altura (mm)	66
-------------	----

Anchura (mm)	58
--------------	----

Peso sin cinta/batería (g)	320
----------------------------	-----

2.1.10 TRIPODE SONY VCT-R640 [20].

A continuación se puede observar las características del trípode utilizado como sujeción de la cámara de vídeo.



Fig. 120: Trípode Sony VCT-R640.

- Placa de cámara para acoplamiento / desacoplamiento sencillo de la cámara
- Dimensiones: altura máxima aprox. 1.441 mm
- Dimensiones: altura máxima aprox. 548 mm
- Peso: aprox. 1.200 g
- Carga máxima: 3 kg
- Función de cabezal panorámico de 3 vías
- Color negro

Los accesorios son específicos para cada modelo y las especificaciones pueden variar de un país a otro.

3 CONCLUSIONES.

Con este proyecto fin de carrera no sólo hemos aprendido nueva materia relativa a la ingeniería técnica de telecomunicación además de la estudiada durante las asignaturas del departamento, sino que, además, se ha desarrollado una nueva experiencia en el sector de la producción audiovisual como material psicopedagógico.

En este sector, en el de la producción audiovisual, es en el que más dificultades nos hemos encontrado, tanto por la falta de medios, como por la falta de experiencia a la hora de manejar los programas de edición, animación o locución, para los que nos hemos tenido que formar a base de tutoriales y manuales de instrucciones.

La grabación de cada una de las escenas conlleva muchas horas detrás de la cámara, muchas tomas repetidas, muchas búsquedas de plano correctas y en todas las ocasiones, grandes dificultades a la hora de obtener una buena iluminación en las grabaciones. Como anécdota, nos acontece destacar la utilización casera de un parasol de coche con textura de aluminio para no salir reflejados en las pantallas de los equipos del laboratorio (analizador de espectros, generador de señal, osciloscopio, analizador de redes...).

Como alumnos, hemos conseguido aumentar nuestro conocimiento investigando en diferentes temas del sector de las telecomunicaciones y, en concreto, en la especialidad de sistemas de telecomunicación, así como: diseño y creación de circuitos impresos, estudio de Ruido de Fase como una de las principales características de un Analizador de Espectros, introducción al funcionamiento de un Analizador de Redes o Modulación FM.

Por otro lado, nos hemos responsabilizado en el futuro aprendizaje que pueden llegar a obtener los alumnos de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica de Telecomunicación de la Universidad Politécnica de Madrid, ya que, el material producido, servirá como apoyo complementario a las explicaciones del profesor. Y es aquí es donde ha residido la dificultad de este proyecto fin de carrera, en saber exponer en cortos videos tutoriales más amenos e interactivos, la esencia de una extensa explicación en el aula.

Y, como otra finalidad, poder acceder a este tipo de material de manera fácil y rápida en cualquier momento.

4 BIBLIOGRAFÍA.

1. Alejandra Bosco. Uso de las TIC.
www.alejandrabosco.net/paginas/documentos/magitral1_TICTAC.pptx
2. Sprint-Layout 6.0.
<http://www.abacom-online.de/uk/html/sprint-layout.html>
3. Teoría de PCBs.
http://electronica.ugr.es/~amroldan/modulos/docencia/cursos/pcb_uhu_98/teoria%20de%20pcbs.html
4. Mini-Circuits.
VCO Phase Noise.
August 1999.
5. Iulian Rosu.
Phase Noise in Oscillators
<http://www.qsl.net/va3iul/>
6. Tomás López-Fragoso Rumeu.
Ruido en Amplificadores Operacionales.
Noviembre 2007.
7. Joaquín Granado Romero. Modulación en frecuencia y fase.
http://www.gte.us.es/ASIGN/CE_2A/mat_docente/tema_b6.pdf
8. Agilent Technologies.
Agilent Network Analyzer Basics.
August 2004.
9. Agilent Technologies.
S-Parameter Design, AN 154.
November 2000.

10. Hewlett Packard Company.
Network Analyzer Basics.
David Ballo. April 1997.
11. Agilent Technologies.
Agilent E5061A/E5062A ENA Series RF Network Analyzers User's Guide.
Eighth Edition. September 2009.
12. TechSmith Corporation.
Camtasia Studio 8.1 Help File Document.
May 2013.
13. Corel.
Corel VideoStudio Pro X6 User Guide.
2013.
14. Agilent Technologies.
Agilent E5061A/E5062A ENA Series RF Network Analyzers Quick Start Guide.
Third Edition. September 2007.
15. Agilent Technologies.
Agilent N9320B Spectrum Analyzer. User's Guide.
Second Edition. October 2009.
16. Rohde&Schwarz.
Spectrum Analyzer R&S®FS300. Operating Manual.
Eighth Edition. September 2004.
17. Agilent Technologies.
Agilent 33220A 20 MHz Waveform Generator. User's Guide.
Fourth Edition. May 2007.
18. HAMEG Instruments.
Oscilloscope HM 1004-3
March 2001.

19. SONY.

HDR-CX410VE. Especificaciones técnicas.

<http://www.sony.es/product/cam-high-definition-on-memory-stick/hdr-cx410ve/especificaciones-tecnicas#tab>

20. SONY.

VCT-R640. Especificaciones técnicas.

<http://www.sony.es/product/cac-tripods/vct-r640>

5 DOCUMENTOS RELACIONADOS.

A continuación se citan algunos enlaces de interés:

- GreenRay Industries, Inc.
Oscillator Phase Noise. Application Note.
John Esterline. April 2008.

- Agilent Technologies.
Agilent E5061A/E5062A ENA Series RF Network Analyzers Service Guide.
Sixth Edition. November 2009.

- Camtasia Studio 8.0
<http://www.techsmith.com/tutorial-camtasia-8.html>

- Corel VideoStudio
<http://www.corel.com/corel/pages/index.jsp?pgid=1100014>

- Adobe Flash Professional CS5.5
<http://www.adobe.com/es/products/flash.html>

6 AGRADECIMIENTOS.

Probablemente el último punto de este Proyecto Fin de Carrera es el más complicado de todos, por el hecho de no olvidar dar las gracias a todas y cada una de las personas que lo han hecho posible. Empezando por nuestras familias, las que fueron capaces de plasmar en nosotros los dos valores más importantes en la vida: trabajo y humildad.

Ya desde pequeños ellos fueron los que nos animaron a interesarnos por todo lo que nos rodeaba, sufriendo en los momentos más difíciles y celebrando las alegrías más grandes. Gracias a ellos, poco a poco fuimos construyendo una amistad basada en la familia, compenetrándonos desde la infancia en todo lo que hacíamos, tanto académica como personalmente.

Poco tiempo después de separar nuestros caminos, llegamos a un punto en el que necesitábamos encontrar nuestro destino, y, en ese momento, juntos elegimos comenzar este recorrido que, por razones de trabajo (gracias a Dios), ha durado 6 años.

Como no, agradecer a todas las personas que nos han aportado, de alguna manera, un toque de su personalidad, haciéndonos llegar a ser quiénes somos hoy. A todos los profesores que nos ayudaron a aprender y progresar y a las personas que nos pusieron la zancadilla en algún momento, ya que nos hicieron más fuertes.

Por último, gracias a los que ya no están y a todos los que nos acompañan hoy en día, ya que sin su apoyo incondicional y ánimos, en este último proyecto en nuestra carrera, no hubiera sido lo mismo.

Muchas gracias.

Ernesto José Álvarez Sánchez y Juan Luis Torrejón Guadalupe.